

Jani Visunen

# Ilmanvaihtojärjestelmien tilavarauksiin vaikuttavia tekijöitä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

30.11.2015

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Jani Visunen Ilmanvaihtojärjestelmien tilavarauksiin vaikuttavia tekijöitä  43 sivua 30.11.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	toimitusjohtaja Juha Pihlajamäki  lehtori Erkki Sainio
<p>Insinööritöön tarkoituksena oli tutkia ilmanvaihdon teknisiä tilavarauksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä eri rakennustyypeissä. Tavoitteena oli tehdä ilmanvaihtosuunnittelijaa helpottava ilmanvaihdon tilavarausohje pohjautuen nykyisiin rakentamismääräyksiin ja ilmanvaihtojärjestelmiin.</p> <p>Insinööritö pohjautuu pääsääntöisesti Suomen rakentamismääräyskokoelmasta, RT-kortistosta ja haastatteluista saatuun aineistoon. Tarkoituksena oli saada teoriaan ja käytäntöön perustuvaa tietoa. Tavoitteena oli pohtia, miten hankesuunnitteluvaiheessa voidaan kohteen laatutasotavoitteiden mukaan tehokkaasti arvioida IV-järjestelmien vaatimien tilojen määrää sekä kokoa. Tavoitteena oli myös päivittää IV-konehuoneen neliömääräiselle koolle kaava, jossa rakennuksen bruttopinta-ala toimii muuttujana funktiossa. Insinööritöön sisältyi eri rakennustyyppien vaikutusten tutkiminen teknisiin tilavarauksiin.</p> <p>Insinööritöön tärkein havainto on nykyisten ilmanvaihtojärjestelmien kasvanut koko. Niiden tilavaraukset jäävät alimitoitetuiksi vanhoja tilavarausohjeita käytettäessä, varsinkin ilmanvaihtokonehuoneissa. Uusien ilmanvaihtokoneiden ollessa kookkaampia lisääntyneiden osien, sekä kasvaneiden ilmavirtojen, lämmöntalteenoton ja puhaltimien hyötysuhdevaatiusten osalta ne vaativat vanhoja ilmanvaihtokoneita enemmän tilaa. Ilmavirtojen kasvessa myös kanaviston koot kasvavat. Ilmanvaihtokanavakuilujen ja alakattorakenteiden tilavaraustarpeiden ei juuri havaittu muuttuneen, vaan kasvaneet tilantarpeet korostuivat erityisesti ilmavaihtokonehuoneissa.</p> <p>Nykyisten ilmanvaihtojärjestelmien tilavaraustarpeet ovat muuttuneet, ja vanhojen tilavarausohjeiden käyttö johtaa tilantarpeiden alimitoitukseen. Tässä insinööritöössä on esitetty huomioon otettavia asioita ilmanvaihtojärjestelmien teknisten tilavarausten tekemiseen uusille enemmän tilaa vieville järjestelmille.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, tilavaraukset, ilmanvaihtokonehuone, ilmanvaihtokone, ilmanvaihtokanava, kanavakuilu, alakattorakenne

Author Title	Jani Visunen Space reservation guide for ventilation
Number of Pages Date	43 pages 30 November 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building services engineering
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructors	Juha Pihlajamäki Erkki Sainio, Senior Lecturer
<p>The first goal of the thesis was to study the air ventilation system reservations in technical spaces, as well as factors which affect them in different types of buildings. Another goal was to create instructions on how the new building regulations must be taken into account when making reservations for air ventilation systems in technical spaces.</p> <p>The information was collected by surveying both present and old building regulations and instructions, and interviewing the company's engineers. The purpose was to get two perspectives into the information, one based on regulations and the other on tradition.</p> <p>The first observation was that modern systems need more space than the older systems. This is especially noticeable in air supply unit rooms. The new air supply units are bigger than the older ones because they have more and bigger parts.</p> <p>The project showed that the current instructions for air ventilation system space reservations are obsolete and result in undersized space reservations for modern air ventilation systems. The thesis provides new instructions for space reservation.</p>	
Keywords	HVAC, space reservation, air ventilation system

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tilavaraustarpeisiin vaikuttavat tekijät	2
2.1	Palvelualue	2
2.1.1	Palvelualue yleisesti	2
2.1.2	Käyttötarkoitus	2
2.1.3	Käyttöaika	2
2.1.4	Kanavavedot	3
2.1.5	Palvelualueen kokonaistilavuus	3
2.2	Tilaajan suunnitteluohjeet	4
2.3	Paloaluejako	4
2.4	SFP-luku	4
2.5	Rakenteiden muoto ja sijoittelu	4
3	Rakenteelliset tilavaraustarpeet	5
3.1	Yleisesti	5
3.2	Ilmanvaihtokonehuoneet	6
3.2.1	Ilmanvaihtokonehuoneiden sijoittelu ja ilmanvaihtokoneet yleisesti	6
3.2.2	Ilmanvaihtokonehuoneen korkeus	6
3.2.3	Ilmanvaihtokonehuoneen pinta-ala	10
3.3	Ilmanvaihtokanavakuilut	14
3.3.1	Yleisesti	14
3.3.2	Ilmanvaihtokanavakuilun sijoitus rakennuksessa	16
3.3.3	Ilmanvaihtokanavakuilun muoto	18
3.4	Alakattorakenteet	21
4	Tilavaraustarpeet eri rakennustyypeissä	24
4.1	Asuinrakennukset	24
4.1.1	Keskitetty ilmanvaihto	24
4.1.2	Hajautettu ilmanvaihto	24
4.1.3	Kerroskohtainen ilmanvaihto	25
4.2	Toimistorakennukset	26
4.3	Liikerakennukset	26
4.4	Ravintolat ja hotellit	26

4.5	Teatterit	27
4.6	Urheilutilat, uimahallit ja kasarit	28
5	Tilavarausten tekeminen hankesuunnitteluvaiheissa	30
5.1	Toimistorakennuksen tilavarausten tutkiminen	30
5.2	Kauppakeskuksen tilavarausten tutkiminen	31
5.3	Asuinrakennusten tilavarausten tutkiminen	32
5.3.1	Talo 1	32
5.3.2	Talo 2	33
6	Loppupäätelmät	35
	Lähteet	37

## Lyhenteet

HVAC	Englanninkielinen vastine LVI:lle, koostuu sanoista "heating", "ventilating" ja "air conditioning".
IV	Ilmanvaihto.
IVK	Ilmanvaihtokone.
IVKH	Ilmanvaihtokonehuone.
LTO	Lämmöntalteenotto.
LVI	Lyhenne sanoista lämmitys- vesijohto- ja ilmanvaihtotekniikka.
LVIAS	Lyhenne sanoista lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihto-, automaatio- ja sähkötekniikka.
RakMK D2	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, jossa käsitellään rakennusten sisäilmastoa, ilmanvaihtoa, määräyksiä ja niiden ohjeita.
SFP-luku	Lyhenne englanninkielisestä termistä Specific Fan Power, joka on puhaltimen tai ilmastointikoneen ominaissähköteho, kW/(m <sup>3</sup> /s).

## 1 Johdanto

Rakennustyyppistä johtuva ilmavirran suuruus, eri tilojen erilaiset vaatimukset ja LTO:n tyyppi sekä ilmanvaihtojärjestelmän laatutasotavoite vaikuttavat ilmanvaihtokonehuoneen tilavarauksen kokoon. Ilmanvaihtokonehuoneiden (IVKH) tilantarpeet vaihtelevat myös ilmanvaihtokoneiden koon ja tyyppin mukaan sekä ilmanvaihtokanaville tarkoitettujen kuilujen sijaintien ja etäisyyksien suhteen ilmanvaihtokoneille. Mikäli kanavakuilu on hankalassa paikassa, joudutaan IVKH:n tilaa käyttämään kanavointiin epäedullisesta sijainnista johtuen enemmän tuotaessa kanavia kuiluilta ilmanvaihtokoneille. Tämän seurauksena IV:n kanavointien kasvaneen tarpeen takia ilmanvaihtokonehuoneen tilantarve kasvaa.

Rakennuksen rakenteiden vaikutus IV-järjestelmien sijoitteluun ilmanvaihtokonehuoneissa on merkittävää. Monesti kantavat rakenteet aiheuttavat suunnittelijalle päänavia. Esimerkiksi tietyn kanavavedon estävän pilarin kiertäminen voi tietyissä tapauksissa edellyttää lisätilantarvetta IV-konehuoneelta, jotta IV-kanava saadaan vietyä tarvittavaan paikkaan.

Yleisimmin ilmanvaihtokonehuoneet sijaitsevat rakennuksen ylimmissä kerroksissa. Näissä tapauksissa muut LVIAS-järjestelmät kuten mahdolliset vedenjäähdytyskoneet, valvonta-alakeskukset ja ryhmäkeskukset vaativat oman tilansa ilmanvaihtokonehuoneista. Kellaritilojen ilmanvaihtokonehuoneiden suurin haaste on kanavointi, sillä raitis- ja jäteilmakanavat vaativat myös omat kuilunsa. Useissa tapauksissa IV-kanavakuilut ovat monesti kooltaan liian pieniä ja sijaitsevat esimerkiksi hissikuilujen yhteydessä, tällöin IV-kanavia ei voida vetää kanavakuilulta 360 asteen suuntiin. Tämän välttämiseksi LVI-suunnittelijan tulee aktiivisesti vaikuttaa kanavakuilujen uudelleen sijoittamiseksi.

Ilmanvaihtokonehuoneissa kärsitään monesti tilanpuutteesta, koska alun perin ilmanvaihtojärjestelmille varattuja tiloja joudutaan pienentämään erinäisistä syistä myöhemmissä suunnitteluvaiheissa tai rakennusvaiheessa. Syynä voivat olla ympäröivien rakennusten aiheuttamat rakennuksen ulkonäkövaatimukset tai arkkitehdin muuttunut pohjaratkaisu.

## 2 Tilavaraustarpeisiin vaikuttavat tekijät

### 2.1 Palvelualue

#### 2.1.1 Palvelualue yleisesti

Ilmavaihdon suunnittelussa suurissa kohteissa ilmanvaihtojärjestelmät suunnitellaan palvelualueittain, joita palvelee yksi tai useampi ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtojärjestelmien jaottelu eri palvelualueisiin tapahtuu tilojen käyttötarkoitusten, käyttöaikojen, kanavavetojen, sekä palvelualueiden kokonaistilavuuden perusteella. Mikäli rakennuksessa on monia erilaisia palvelualueita, joissa on erityyppisiä tiloja kuten ravintolakeittiöitä, pysäköintitiloja tai toimistotiloja, tulee eri tiloille harkita omaa ilmanvaihtokonetta. (1, s. 19; 4; 6.)

Palvelualuejaolla haetaan tilan ilmavaihdon parasta säädettävyyttä, jolloin eri palvelualueet eivät ole riippuvaisia toisistaan. Yleisimmin jokaisella palvelualueella on oma ilmanvaihtokoneensa, sillä sulkupeltien käyttäminen erityyppisten palvelualueiden kohdalla on monesti hankalaa ja niiden säätäminen haastavaa. Palvelualueiden vaikutuksia avataan seuraavissa alaotsikoissa.

#### 2.1.2 Käyttötarkoitus

Tilan käyttötarkoitus vaikuttaa tarvittavaan ilman tilavuusvirtaan. Se määrittää tilan tarvitseman pinta-alakohtaisen ilman tilavuusvirran ( $\text{dm}^3/\text{s m}^2$ ). On olemassa tiloja, kuten ravintolakeittiöt ja pysäköintitilat, joiden ilmavirtoja ei saa sekoittaa oleskelutilojen ilmavirtojen kanssa, pääsääntöisesti paloturvallisuuden ja ilmanlaadun takia. Tällaisessa tilanteessa ravintoloissa ravintolasali ja -keittiö jaetaan kahdeksi erilliseksi palvelualueeksi. (1; 4.)

#### 2.1.3 Käyttöaika

Käyttöaika vaikuttaa lähinnä energiankulutuksen ja säädettävyyden näkökulmasta ilmanvaihtojärjestelmiin eli siihen, kuinka monta tuntia vuorokaudesta tietty ilmanvaihtojärjestelmä toimii tietyillä tehoilla. Ilmavaihdon suunnittelijan tulisi myös pyrkiä mahdollisuuksiensa mukaan vaikuttamaan arkkitehdin ratkaisuihin, jotta arkkitehti suunnittelisi



tietylle palvelualueelle käyttöajaltaan samanlaisia tiloja. Tällöin päädyttäisiin energiatehokkaaseen ja helposti säädettävissä olevaan järjestelmään. (4)

Jos samalla palvelualueella olisi esimerkiksi kaksi liiketilaa, joiden käyttöajat olisivat suuresti erilaiset, toimisi näiden kahden liiketilan palvelualueen ilmanvaihto tietyn aikaa liian suurella teholla ja energiaa menisi hukkaan. Päinvastoin taas toisen tilan ilmanvaihto toimisi liian pienellä teholla, vaikka tila olisikin jo käytössä. Edellä mainittua tilannetta voidaan helpottaa jonkin verran käyttämällä kanavistossa virtaussäätimiä ja IV-koneessa paineohjauksella toimivaa kierroslukusäätöä, mutta lähtökohtaisesti tulisi pyrkiä kahteen erilliseen IV-koneeseen, jos se on mahdollista.

#### 2.1.4 Kanavavedot

Ilmanvaihtojärjestelmien epäsuotuisat sijainnit vaikuttavat tarvittaviin ilmavaihtokanavavetojen pituuksiin. Tietyn tyyppisen rakenteen kuten kantavan pilarin kiertäminen lisää tarvittavaa IV-kanavan metrimäärää ja käyrien määrää, jotka kasvattavat kanavan painehäviöitä ja kyseisen järjestelmän vaatima tilantarve kasvaa. (4)

#### 2.1.5 Palvelualueen kokonaistilavuus

Rakentamismääräyskokoelman osa D2 (RakMK D2) määrittää ulkoilmavirran eli tuloilmavirran vähimmäistarpeeksi ilmanvaihtokertoimen 0,5 1/h, jolloin tietyn tilan koko ilmatilavuus vaihdetaan vähintään täysin kerran kahdessa tunnissa. Edellä mainitun ilmanvaihtokertoimen perusteella pinta-alakohtaiseksi tuloilman mitoitusperusteeksi jokaista huonetilan neliometriä kohden saadaan 2,5 m korkeassa huoneessa 0,35 litraa/sekunti/m<sup>2</sup>. Lähtökohtaisesti henkilömäärän ja lattiapinta-alan perusteella mitoitettuna tilan ilmavirrat ylittävät ilmanvaihtokertoimen 0,5 1/h. (1, määräys 3.2.2.1.)

Kohteeseen suunniteltavan sisäilmastoluokitus vaikuttaa vähimmäisilmavirran tarpeeseen. Sisäilmastoluokkia on kolme: S1, S2 ja S3, joista S1-sisäilmastoluokka on laatusotasavoitteiltaan tasokkain. Mitä paremmaksi sisäilmastoluokka kohteessa suunnitellaan, sitä suuremmiksi kyseistä tilaa palvelevat ilmanvaihtojärjestelmät kasvavat. Tämän takia ilmanvaihtojärjestelmien tilantarpeet kasvavat. (2, s. 2.)

## 2.2 Tilaajan suunnitteluohjeet

Monilla kiinteistöjä vuokraavilla ja operoivilla yrityksillä on omia suunnitteluohjeita liittyen ilmanvaihdon laatutasoihin. Niissä määritellään tilakohtaisesti rakentamismääräyksistä poikkeavia arvoja, joissa vaaditaan esimerkiksi rakentamismääräyksiä suurempia ilmanvaihtokertoimia. Ilmavirtojen suurentuessa myös ilmavaihtojärjestelmien koot kasvavat. (4)

## 2.3 Paloaluejako

Sellaisessa tilanteessa, jossa ilmanvaihtokanavakuiluja ei saada palo-osastoitua, täytyy kuilussa olevat IV-kanavat paloeristää, mikä puolestaan kasvattaa kuilun tilantarvetta. Esimerkiksi paloeristysluokassa EI120 paloeriste lisää ilmanvaihtokanavan halkaisijaa 200 millimetrillä. (4; 5, s. 28.)

## 2.4 SFP-luku

Ilmanvaihtokoneiden osalta tiukentuneet SFP-lukuvaatimukset ovat kasvattaneet tilavaaraustarpeita ilmanvaihtokonehuoneissa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, mitä pienempi SFP-luku, sitä suurempi on ilmanvaihtokoneen fyysinen koko ja sitä suuremman tilan kyseinen ilmanvaihtojärjestelmä vaatii.

## 2.5 Rakenteiden muoto ja sijoittelu

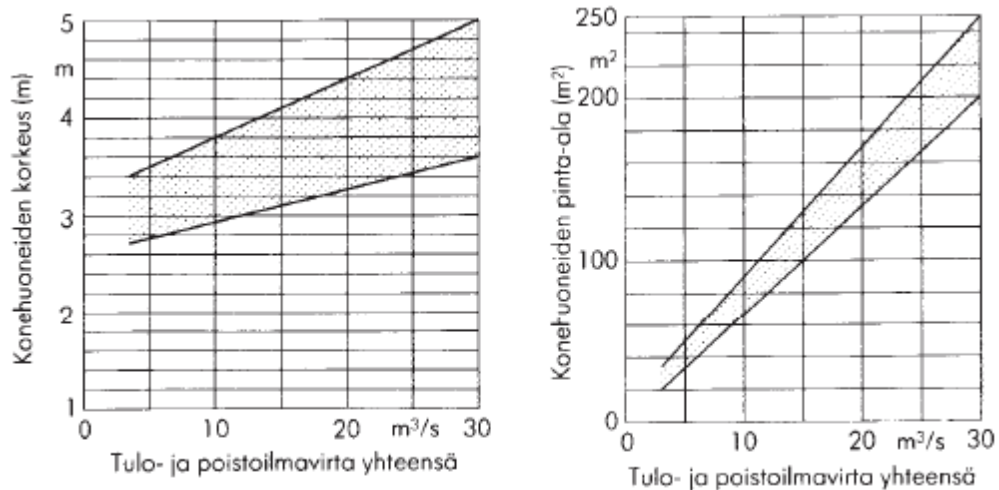
Rakenteiden epäedullinen muoto ja sijoittelu hankaloittavat ilmanvaihdon suunnittelua. Kantavat seinät ja pilarit ovat hyviä esimerkkejä. Tilanteissa, joissa kantaviin rakenteisiin ei voida tehdä reikiä IV-järjestelmille, täytyy tällainen rakenne kiertää. Rakenteen kiertäminen tarkoittaa taas lisää kanavametrejä.

### 3 Rakenteelliset tilavaraustarpeet

#### 3.1 Yleisesti

Rakennustieto on luonut talotekniikkajärjestelmien tilanvarauksia käsittelevän dokumentin, LVI 06-10105 -kortin. Siinä määritellään ilmanvaihtojärjestelmän tilanvaraukset ilmastointikonehuoneissa, pystyroiloissa eli kanavakuiluissa sekä alakatoissa. Tämä LVI-kortti on päivätty toukokuulle 1988, ja sen antamat arvot niin ilmanvaihtokonehuoneen korkeuden kuin lattiapinta-alan osalta ovat nykyisten LTO- ja SFP-lukuvaatimusten johdosta alimitoitettavia.

*Esimerkki.* Ilmanvaihtokoneet ovat Fläktwoodsien eQ-tyypin ilmanvaihtokoneita kolmella eri lämmöntalteenottoratkaisulla, jotka nimetään seuraavasti: TKA on pyöriväroottori-sella, TKA N nestekiertoisella ja TKA L ristivastavirtalämmöntalteenotolla varustettu. Kaikissa tapauksissa on sekä lämmitys- että jäähdytyspatterit, 1 700 mm pitkät IV-koneen rungon muotoiset äänenvaimentimet ja yhden metrin pituiset liityntälaatikot IV-kanaville. Konekoot on pyritty mitoittamaan SFP-luvun osalta arvoon 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).



Kuva 1. Ilmanvaihtokonehuoneen pinta-alan ja korkeuden mitoittaminen tulo- ja poistoilmavirran summan perusteella. Ylempiä rajaviivoja tulee käyttää, mikäli IV-koneeseen sisältyy esimerkiksi ilman jäähdytys. (3, s. 4.)

Kuvan 1 ohjeen mukaan kuvaajien ylempiä käyrää tulisi käyttää tilanteissa, joissa IV-koneissa on esimerkiksi lämmöntalteenotto tai jäähdytys. Kuvaajat eivät myöskään ota huomioon mahdollisten vedenjäähdytyskoneiden tarvitsemaa tilaa. Tässä LVI-kortissa ei mainita IV-koneen lämmityspatteria, joten se on mitoituksessa oletusarvoisesti mukana.

## 3.2 Ilmanvaihtokonehuoneet

### 3.2.1 Ilmanvaihtokonehuoneiden sijoittelu ja ilmanvaihtokoneet yleisesti

Ilmanvaihtokonehuoneet pyritään ensisijaisesti sijoittamaan rakennuksen vesikatolle. IVKH voi sijaita sen palvelevien tilojen ylä- tai alapuolella sekä samassa kerroksessa. Asemakaava tai muut arkkitehtoniset tekijät voivat pakottaa sijoittamaan ilmanvaihtokonehuoneet kellarikerroksiin. Kellarikonehuoneet ovat sijainniltaan epäedullisia, ja niitä pyritään välttämään pystykuilujen tarpeen kasvaessa kaksinkertaiseksi, sillä raikisilma joudutaan kanavoimaan RakMK D2:n vaatimusten mukaisesti vähintään 2 metrin korkeudelle maan pinnasta ja jäteilma puolestaan rakennuksen vesikatolle asti. (1, s. 11; 4.)

Nykyisin perustilanteessa LTO on IV-koneissa vakiovaruste ja jäähdytyspatteri on hyvin yleinen ja tulee yleistymään tulevaisuudessa. Näiden kahden edellä mainitun tekijän olemassaolo tulee huomioida IV-konehuonetta mitoitettaessa oletusarvona. Tämän seurauksena ilmanvaihtokoneen vaatimaan tilantarpeeseen IV-konehuoneessa vaikuttaa enää sen tuottama tilavuusilmavirta, LTO:n tyyppi ja äänenvaimentimien koko ja sijoittelu. Tulevaisuudessa LTO-järjestelmät yleistyvät, joten myös ravintoloiden keittiöiden rasvapoistot on jatkossa oletusarvoisesti varustettu LTO:lla, jolloin tarvitaan lisää tilaa ilmanvaihtokonehuoneissa.

### 3.2.2 Ilmanvaihtokonehuoneen korkeus

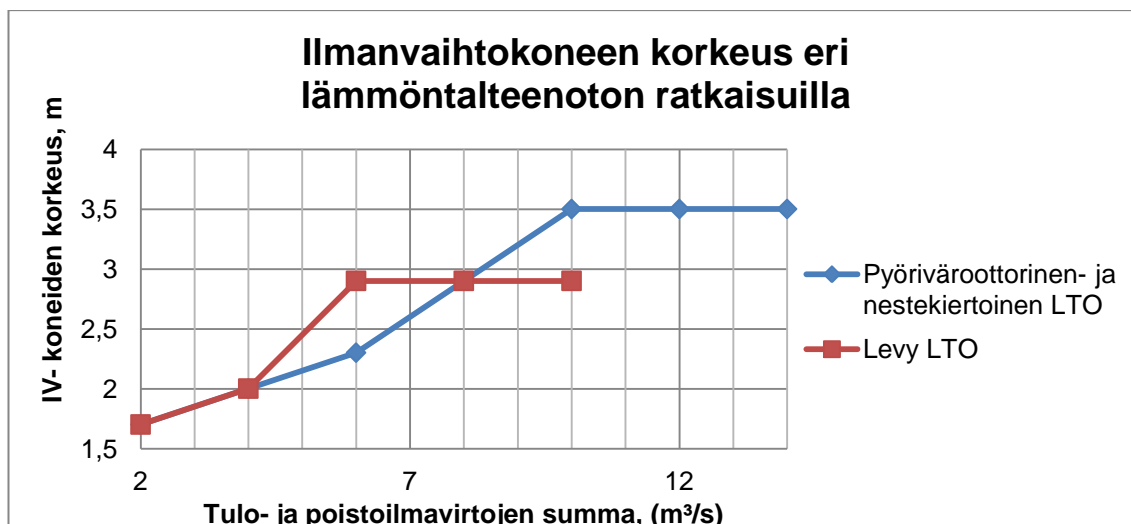
Kuten kuvan 1 vasemmanpuoleisesta kuvaajasta nähdään  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  tulo- ja poistoilmavirran tuottavalla ilmanvaihtokoneella (esimerkki TKA), jonka yhteenlaskettu tulo- ja poistoilmavirran summa on  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , ilmanvaihtokonehuoneen korkeus asettuu alemman käyrän kohdalla 2,8 metriin. Kuvan 3.1. IVKH:n katossa kulkeville jäte- ja/tai sade-

vesiviemäreille sekä sprinklereille on annettu tilaa katonrajasta 500 mm eli 0,5 metriä. IV-konehuoneen korkeus tulee määrittää korkeimman IV-koneen mukaan.

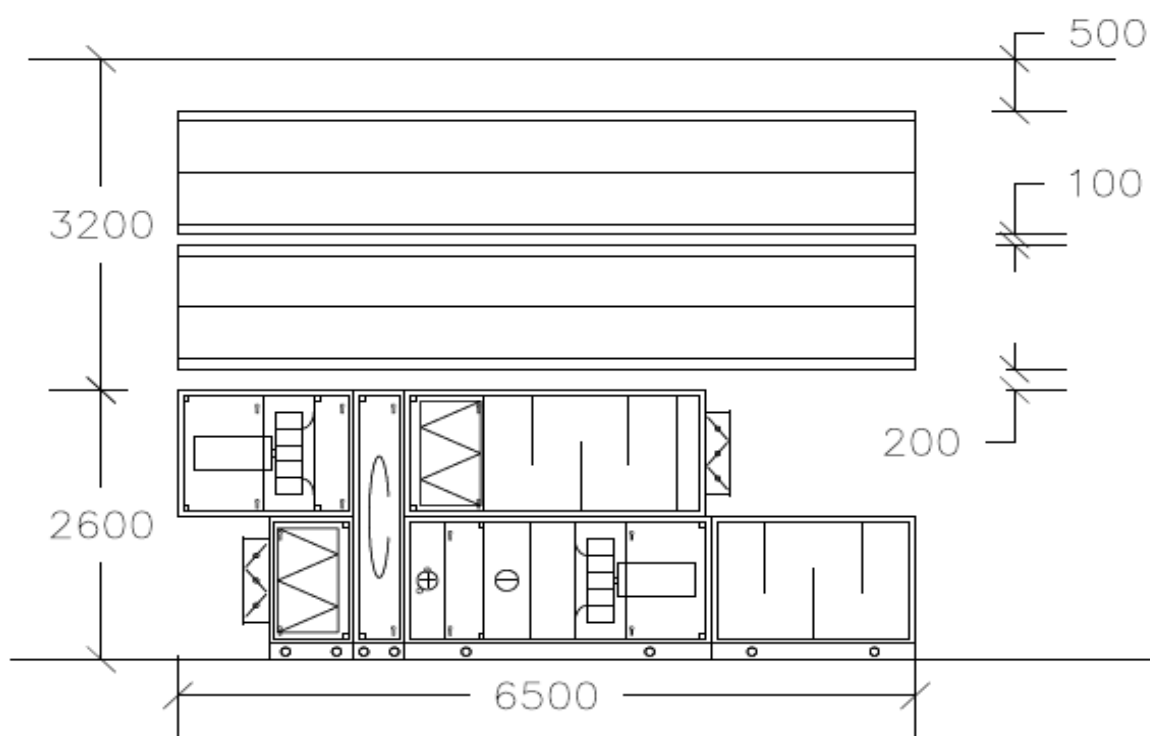
Pyöriväroottorisella LTO:lla varustettu esimerkkikone TKA on rungoltaan matalaprofiilinen, ja sen korkeus on 2 602 millimetriä, joka voidaan myös havaita kuvasta 2. Ihanne-tapauksessa koneen päällä tulisi olla tilaa vähintään kahdelle risteävälle ilmanvaihtokanavalle, jotka kykenevät 10 % ilmanvaihtokoneen mitoitusilmavirtaa suurempaan ilman tilavuusvirtaan ilman että ilmavirran nopeus kanavassa ylittää 6 m/s, jolloin aiheutuu meluhaittaa.

Tässä tapauksessa näiden kahden IV-kanavan mitoitusilmavirta olisi  $3,5 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,1 = 3,85 \text{ m}^3/\text{s}$ , jolloin kanavien ko'oiksi valitaan vähintään 1 000 mm:n pyöreä kierresaumakanava tai 1200 x 600 mm:n kanttikanava. 1 000 mm:n kierresaumakanavassa ilmavirran nopeus kyseisellä mitoitusilmavirralla asettuu 4,9 m:iin/s, kun suorakaidekanavalla se asettuu arvoon 5,35 m/s. Nämä kaksi ilmanvaihtokanavaa ovat oletusarvoisesti IV-koneen ulko- ja jäteilmakanavat, jolloin ne tarvitsevat lasivillaa käytettäessä 100 mm paksun lämpöeristeen, joka lisäksi pellitetään päältä. (5, s. 22.)

IV-kanavien asennusta varten varataan IV-koneen ja sen yläpuolella olevan lämpöeristetyn kanavan väliin 200 mm tilaa eristeen pinnasta IV-koneen korkeimpaan kohtaan. Kahden päällekkäisen lämpöeristetyn kanavan välille riittää 100–150 mm mitattuna eristeiden pinnoista. Ylemmän lämpöeristetyn IV-kanavan eristeen yläpinnasta kattoon varataan 100 mm, mikäli IVKH:n katonrajassa ei kulje jäte- ja sadevesiviemäreitä tai sprinklereitä. Mikäli katonrajassa kulkee jäte- ja/tai sadevesiviemäreitä ja sprinklereitä, varataan tilaa ylemmän IV-kanavan eristepinnasta kattoon vähintään 350 mm.



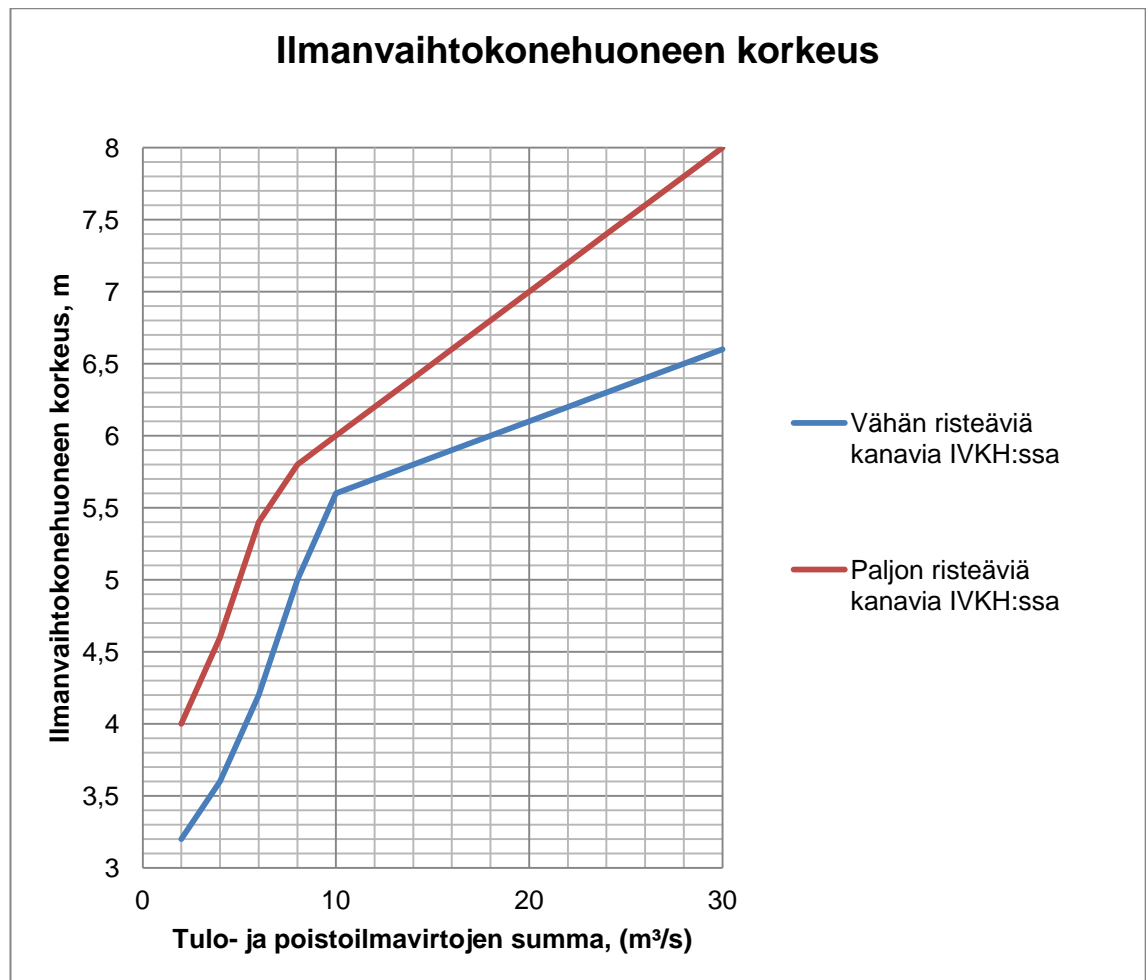
Kuva 2. Fläktwoods Acon-ohjelmalla tehtyjen ilmanvaihtokoneiden korkeudet suhteessa tulo- ja poistoilmavirtojen summaan. Kaikissa ilmastointikoneissa on rungon muotoiset 1,7 metriä pitkät äänenvaimentimet ja yhden metrin pituiset liityntälaatikot.



Kuva 3.1. Havainnollistus IV-konehuoneen korkeuden tilanvarauksesta ihannetapauksessa suurissa kohteissa. Tilan kokonaiskorkeus on 5 800 millimetriä eli 5,8 metriä. Kanavat ovat eristettyjä halkaisijaltaan 1000 mm:n kierresaumakanavia, eristeen kanssa kokonaishalkaisija on 1 200 mm. Kuvan ilmanvaihtokone on Fläktwoods eQ50-mallin matalaprofiilinen versio. (8)

Kuvan 3.1. matalaprofiilisella koneella saadaan säästettyä tilaa korkeussuunnassa, vaikka kyseinen konekoko on SFP-luvun osalta hieman ylimitoitettu, sen ollessa  $1,76 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  ja tavoitteen ollessa  $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ . Yhtä konekokoja pienempää Fläkt-woodsia eQ45-konetta käytettäessä sen korkeus nousee 2 902 mm:iin ja on matalaprofiilista versiota 30 cm korkeampi, jolloin tarvittava IV-konehuoneen korkeus kasvaa myös saman verran. Kummankin IV-koneen mitoitusilmavirta on  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Kuvasta 3.1. huomataan, että eQ50-konekoolla, mitoitusilmavirralla ja pyöriväroottorisella LTO-ratkaisulla tarvitaan ilmanvaihtokoneen päälle 3,2 metriä tilaa IV-kanavia varten. Riippuen tilanteesta nämä kaksi IV-koneen päälle mitoitettua runkokanavaa eivät välttämättä palvele juuri niiden alla olevaa IV-konetta vaan kanavoinnit voivat tulla kyseisen IV-koneen yli joltain muulta samassa IV-konehuoneessa olevalta IV-koneelta.



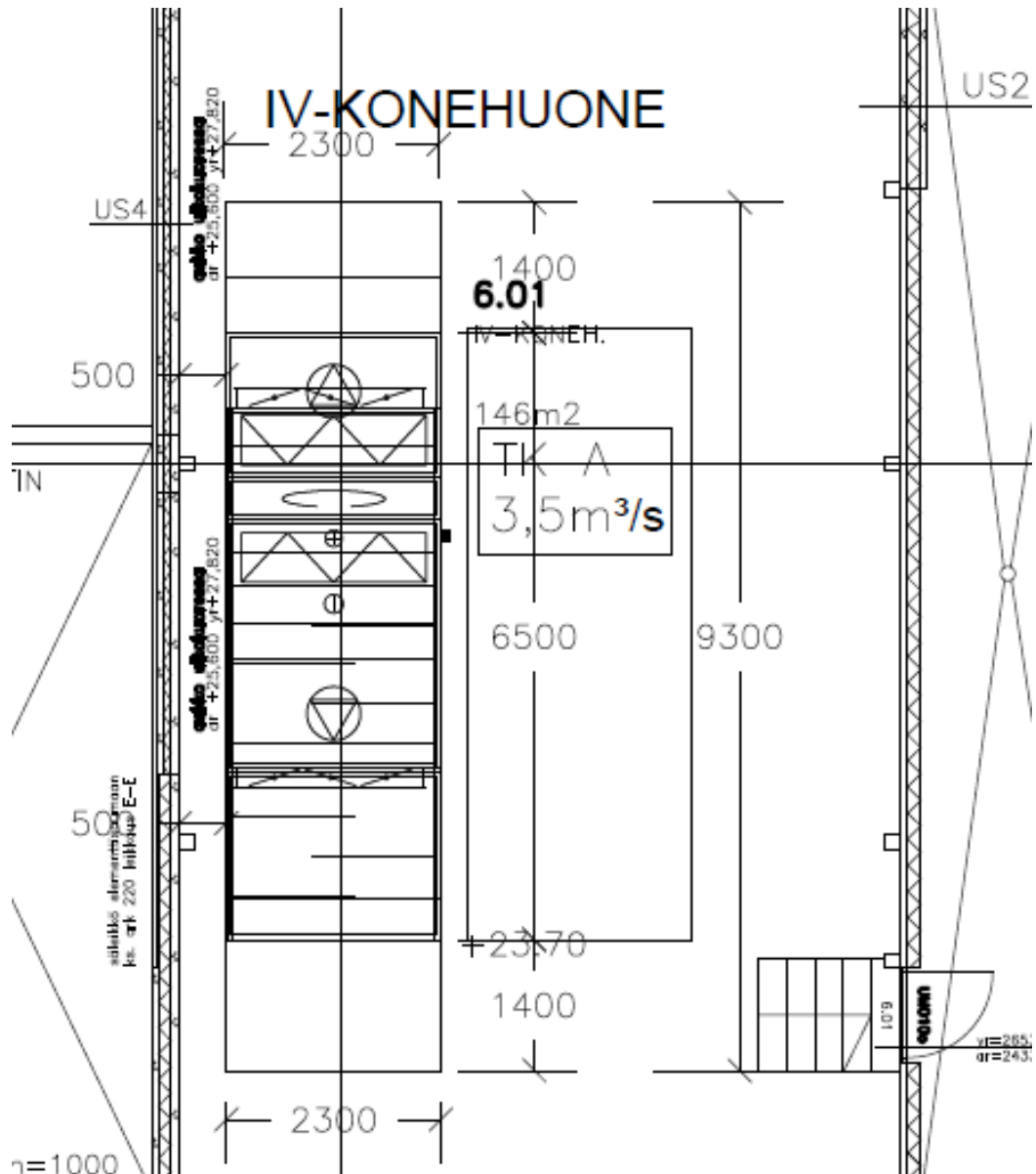
Kuva 3.2. Kahden eri laitevalmistajan antamien teknistentietojen perusteella koottu taulukko ilmanvaihtokonehuoneiden korkeuksien mitoittamiseen ilmavirtojen mukaan (8; 9).

Kuvan 3.2. arvot saatiin käyttämällä kahden eri valmistajan ilmanvaihtokoneista annettujen teknistentietojen perusteella. Ylempi käyrä muodostuu siten, että ilmanvaihtokoneen päällä on tilaa kahdelle kyseistä IV-konetta palvelevälle risteävälle ilmanvaihtokanavalle. Alemmalla käyrällä ilmanvaihtokoneen päällä on tilaa ainoastaan yhdelle kyseistä konetta palvelevälle ilmavaihtokanavalle.

### 3.2.3 Ilmanvaihtokonehuoneen pinta-ala

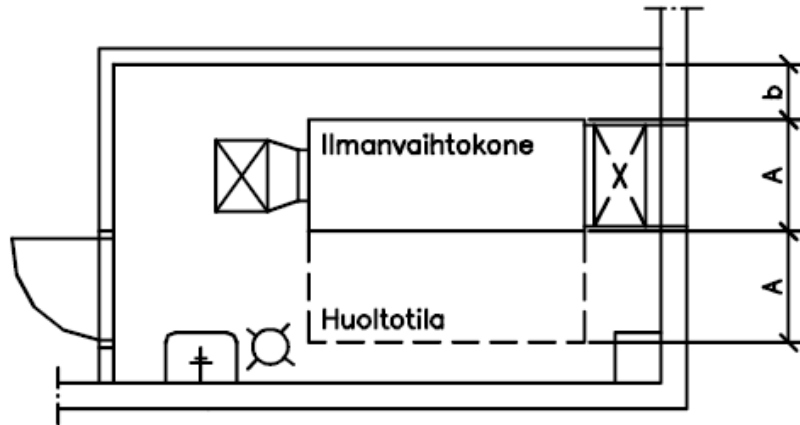
Kuvan 3.1 ilmanvaihtokoneen, jonka tulo- ja poistoilmavirtojen summa on  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , pohjapinta-ala ilmanvaihtokanaville tarkoitettujen yhden metrin pituisten rungonmuotoisten liityntälaatikoiden kanssa on  $21 \text{ m}^2$  ja ilmanvaihtokoneen vaatima huoltotilan pinta-ala on  $15 \text{ m}^2$ . Yhteensä ilmanvaihtokone vaatii huoltotila mukaan luettuna  $36 \text{ m}^2$  lattiapinta-alaa. Kuvan 1 oikeanpuoleisesta kuvaajasta nähdään, että tulo- ja poistoilmavirran summalla  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  saadaan konehuoneen pinta-alaksi kuvan 1 alemmalta käyrältä  $50 \text{ m}^2$ , joka on riittävä tila yhdelle ilmanvaihtokoneelle, ja tyhjää lattiapinta-alaa jäisi tässä tapauksessa  $11 \text{ m}^2$ .



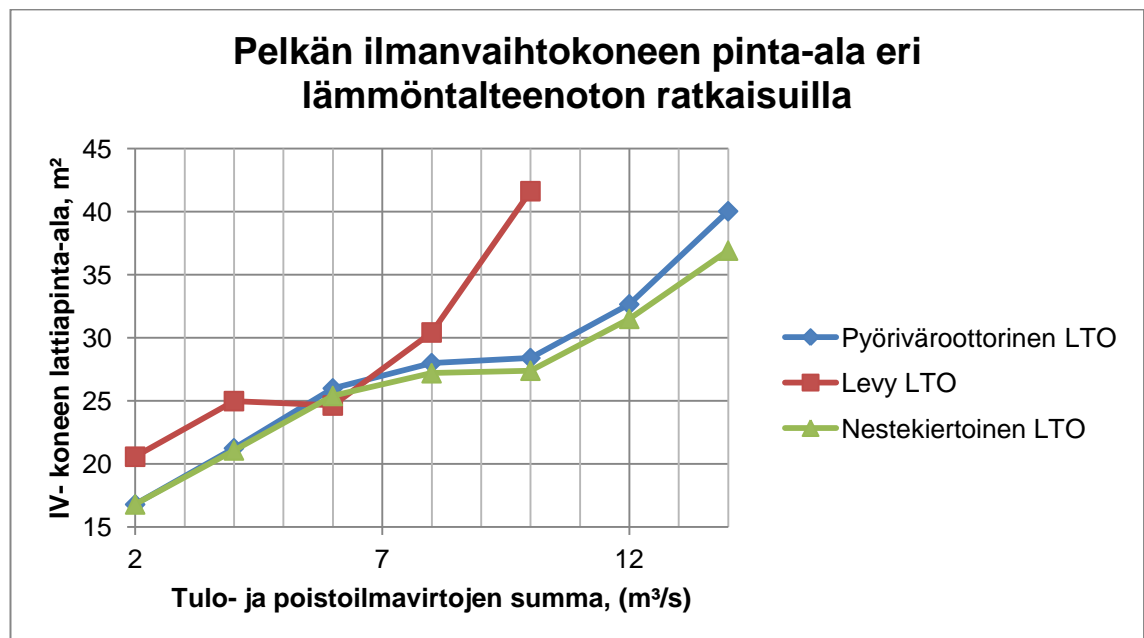


Kuva 4. Ilmanvaihdonkoneen (tulo- ja poistoilmavirtojen summa on  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ ) viemä lattiapinta-ala esitettynä rungonmuotoisten  $1400 \text{ mm}$  pitkien liityntälaatikoiden kanssa (8).

Jos kuvan 4 IV-koneiden määrää kasvatetaan kahteen IV-koneeseen, jolloin tulo- ja poistoilmavirtojen summa kaksinkertaistuu arvoon  $14 \text{ m}^3/\text{s}$  ja lattiapinta-alan tarve Kuvan 1 kuvaajan mukaan asettuu vähimmillään hieman yli  $100 \text{ m}^2$ :iin. Tällöin huomataan vapaata lattiapinta-alaa jäävän kahden IV-koneen konehuoneessa  $(100 - (36 + 36)) \text{ m}^2 = 28 \text{ m}^2$ .

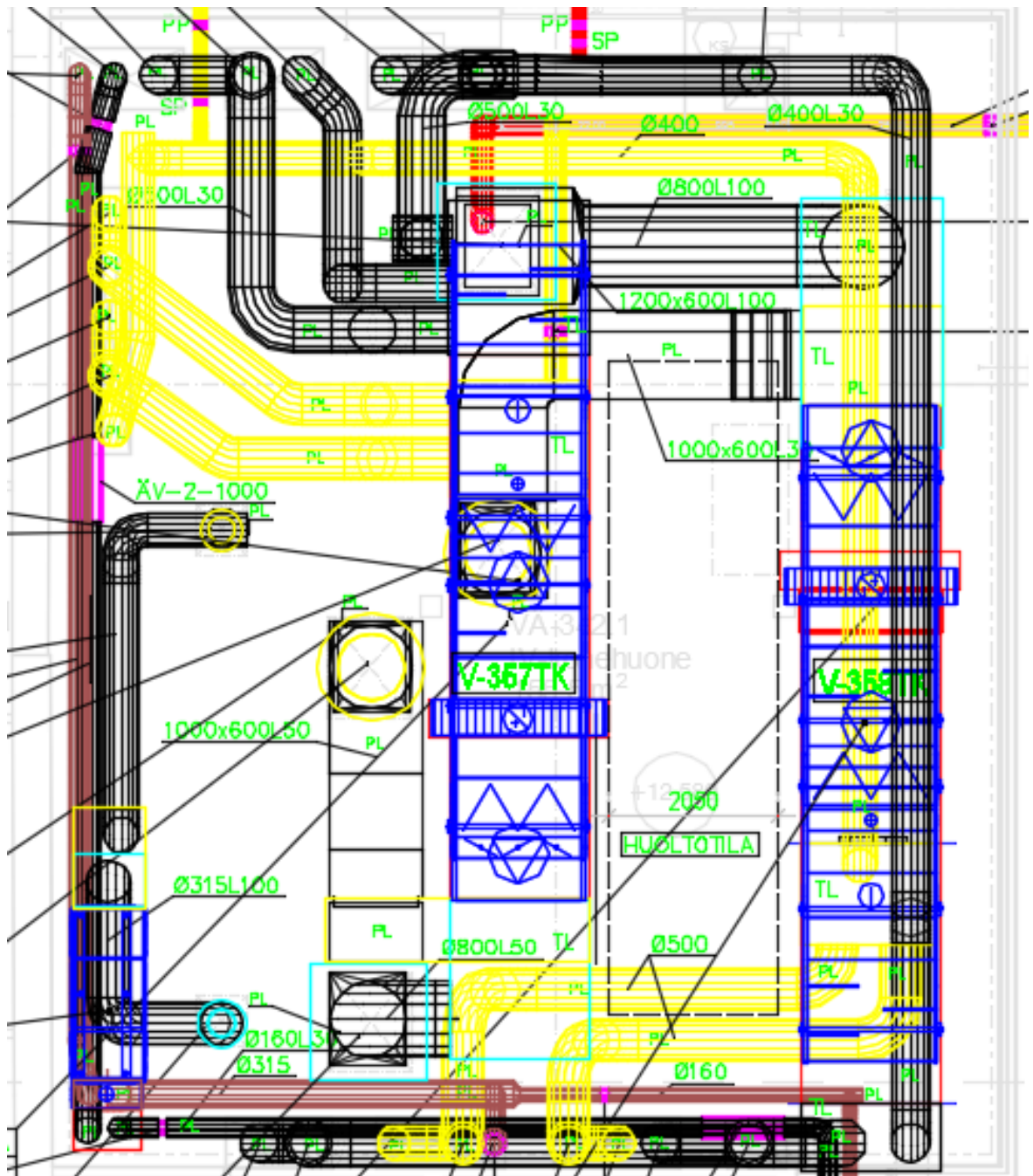


Kuva 5. Ilmanvaihtokoneen vaatimat tilat RakMK D2:n mukaan. A on ilmanvaihtokoneen leveys ja b on vähintään 400 mm. (1, s. 21.)



Kuva 6. Fläktwoods Acon-ohjelmalla tehtyjen ilmanvaihtokoneiden pinta-alat suhteessa tulo- ja poistoilmavirtojen summaan. Kaikissa ilmavaihtokoneissa on rungon muotoiset 1,7 metriä pitkät äänenvaimentimet ja yhden metrin pituiset liityntälaatikot.

Kuvassa 5 on esitelty RakMK D2:n mukaiset IV-koneen sijoittelua varten vaaditut vähimmäis-etäisyydet seinärakenteisiin. Samasta kuvasta selviää myös vesipisteen ja lattiakaivon pakollisuus IV-konehuoneessa. Kuvasta 6 selviää pelkän IV-koneen eri LTO-ratkaisulla vaatima lattiapinta-ala äänenvaimentajien ja liityntälaatikoiden kanssa.



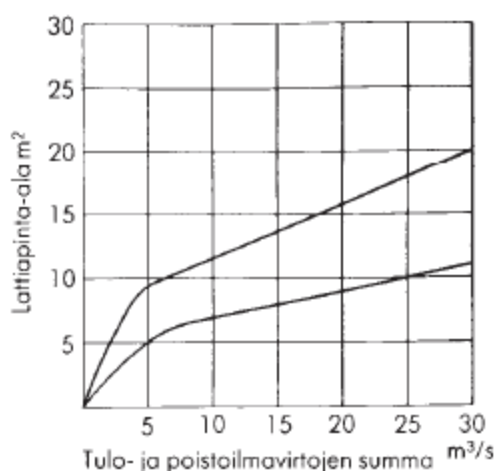
Kuva 7. Kuvan ilmanvaihtokonehuoneessa havainnollistuu ilmanvaihtokoneiden vaatima huoltotila (7).

Kuva 7 havainnollistaa huoltotilan lisäksi myös IV-koneiden sijoittelua IV-konehuoneessa, jossa on useampia IV-koneita. Kuvan 7 keskimäinen ja oikeanpuoleinen IV-kone jakavat saman huoltotilan.

### 3.3 Ilmanvaihtokanavakuilut

#### 3.3.1 Yleisesti

Ilmanvaihtokanavien koot ovat pysyneet mitoitusperusteiltaan melko muuttumattomina. Ilmanvaihtokanavien tilantarpeita on lisännyt jäähdetyksen yleistyminen rakennuksissa, jolloin ilmanvaihtokanavat täytyy lämpöeristää ilman lämpenemisen välttämiseksi, samalla välttämään mahdolliselta kondenssi-ilmiöltä. Kuvan 8 LVI-kortin taulukko on edelleen pätevä, sillä sen antamat arvot ovat mitoittavat pystykuilut väljästi. Kuvasta 8 voi huomata mitoitusperusteen pystykuilun lattiapinta-alalle, jossa tarvitaan lattiapinta-alaa yksi neliömetri ( $\text{m}^2$ ) jokaista ilmavirran kuutiometriä sekunnissa ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) kohden, tämä pätee kuvan 8 mukaan aina ilmavirtojen summaan  $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$  asti ennen ylemmän käyrän ylittymistä.



Kuva 8. Ilmanvaihdolle tarkoitettujen pystykuilujen vaatima lattiapinta-ala ilmavirtojen mukaan (3, s. 4).

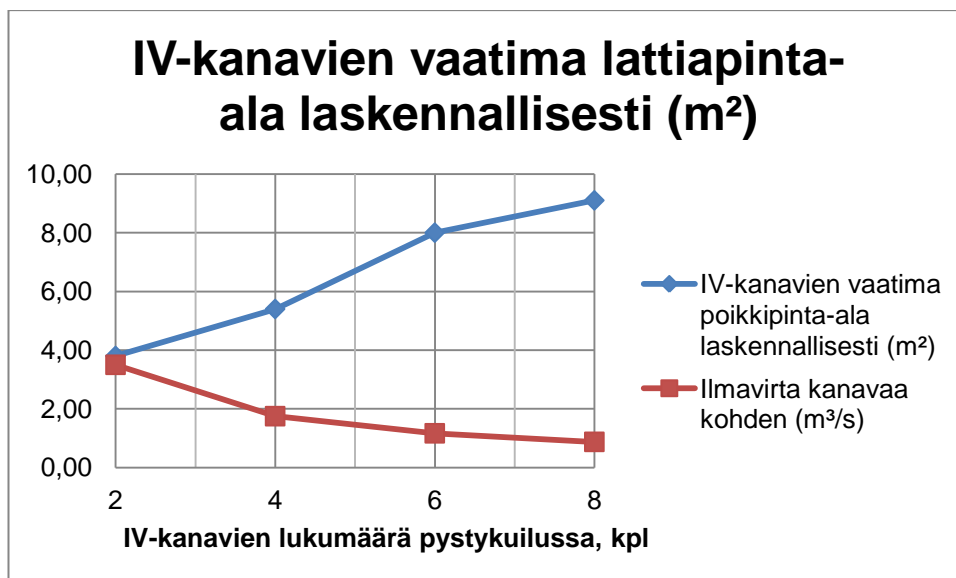
Kuvasta 8 nähdään, että ilmavirtojen summalla  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  lattiapinta-alan tarve asettuu noin  $6,5 \text{ m}^2$ :iin. Käyrien puolella välissä lattiapinta-alan tarve asettuu noin  $8 \text{ m}^2$ :iin ja ylemmällä käyrällä noin  $11 \text{ m}^2$ :iin. Oletetaan ilmanvaihtokanavan vaativan kuilusta neliön muotoisen tilan ja etäisyys eristeen pinnasta rakennuksen seinärakenteeseen sekä toisen kanavan eristeen pintaan on  $100 \text{ mm}$ . Kanavayhteet sekä mahdolliset säätö- ja palopellit vievät kuitenkin tilaa, jolloin väljä mitoittaminen kanavakuiluissa on perusteltua. Käytettäessä esimerkkinä ilmanvaihtokone TKA:lta lähteviä eristettyjä pyöreitä  $1\,000$  millimetriä halkaisijaltaan olevia ilmanvaihtokanavia  $100$  millimetrin lämpöeris-

teellä varustettuna, jolloin oletetaan etäisyyden pystykuilun seiniin ja muihin kanaviin olevan 100 millimetriä, ja nähdään kanavan vaatiman pinta-alan asettuvan laajuuteen  $A_{kanava(d=1000)+eriste(100)+varoetäisyys(100)} = 2,0 \text{ m}^2$ . Ilmanvaihtokone TKA:n tulo- ja poistoilmavirtojen summa on  $q_{vt}+q_{vp} = 7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ . Tämän lisäksi ilmanvaihtokanavakuiluun tulee jättää vapaata tilaa kanavien ja huolto-oven väliin 400–600 mm, jotta kanavat olisivat helpommin huollettavissa. Kahdelle kanavalle vastaava pinta-ala on  $A_{kanava(d=1000)+eriste(100)+varoetäisyys(100)} = 3,8 \text{ m}^2$

Mikäli sama ilmamäärä jaetaankin neljälle halkaisijaltaan 630 millimetriä olevalle kanavalle saadaan IV-kanavien laskennalliseksi lattiapinta-alan tarpeeksi:  $A_{kanava(d=630)+eriste(100)+varoetäisyys(100)} = 1,1 \text{ m}^2$ . Tällöin neljä kanavaa vaatisivat laskennallisesti 5,4 m<sup>2</sup>:n tilan, kun halutaan, että ilmavirran nopeus kanavassa ei ole yli 6 m/s. Jos samassa tapauksessa haluttaisiin jakaa ilmavirrat kuudelle kanavalle päädyttäisiin myös 630 millimetrin halkaisijaltaan olevaan kanavaan, sillä 500 millimetrin kanavalla ilmavirran nopeus nousee kanavassa arvoon 5,96 m/s. Kuusi kanavaa veisivät lattiapinta-alaa laskennallisesti 8,0 m<sup>2</sup>:n tilan. Kahdeksalla kanavalla ilmanvaihtokanavan halkaisija asettuu 500 millimetriin käytettäessä pyöreitä ilmanvaihtokanavia, joille vastaavat arvot olisivat  $A_{kanava(d=500)+eriste(100)+varoetäisyys(100)} = 0,81 \text{ m}^2$ . Kahdeksan kanavaa veisivät lattiapinta-alaa laskennallisesti 9,1 m<sup>2</sup>:n tilan.

Taulukko 1. Ilmanvaihtokanavien laskennalliset lattiapinta-alan tarpeet pystykuiluissa suhteessa niiden määrään, jossa kokonaisilmavirta on 7 m<sup>3</sup>/s.

IV-kanavien määrä pystykuilussa	IV-kanavien vaatima kuilun poikkipinta-ala laskennallisesti eristet- tynä varoetäisyyksi- neen	Ilmavirta kanavaa koh- den	Pyöreän ilmanvaihtokanavan halkaisija
kpl	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)	(mm)
2	3,8	3,5	1000
4	5,4	1,8	630
6	8,0	1,2	630
8	9,1	0,9	500



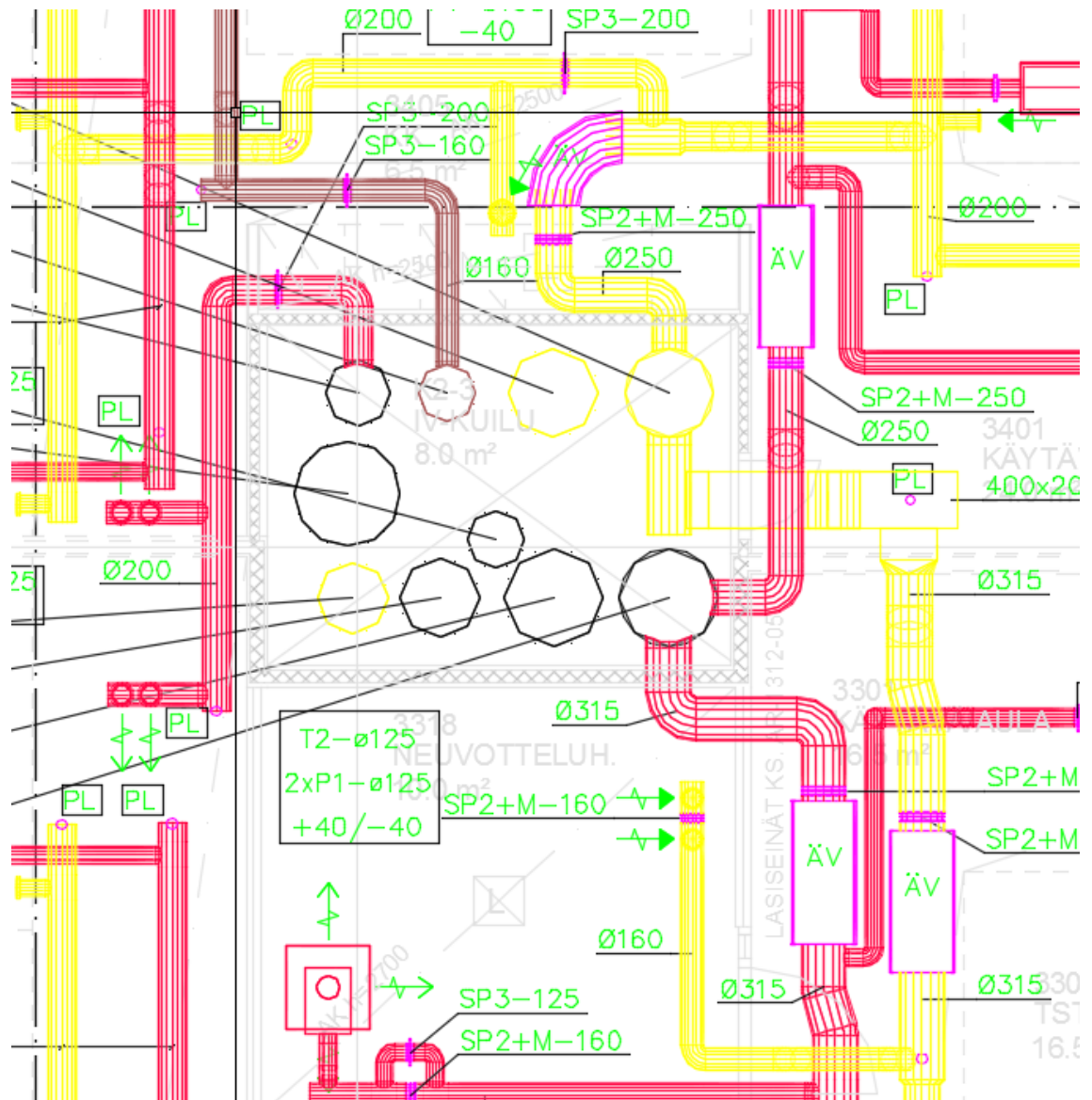
Kuva 9. Taulukon 1 arvot esitettynä kuvaajana.

Taulukosta 1 ja kuvasta 9 havaitaan ilmanvaihtokanavien tilantarpeiden lisääntyvän ilmanvaihtokanavien lukumäärän kasvaessa, kun ilmamäärät pysyvät vakiona. Vaikka IV-kanavien lukumäärän kasvaessa niiden tarvittava halkaisija laskee, vievät pienemmät IV-kanavat yhdessä enemmän tilaa kuin kaksi isoa IV-kanavaa, koska pieniä kanavia tarvitaan enemmän. Kuten taulukosta 1 ja kuvasta 9 selviää, laskennallisesti 8 pyöreää IV-kanavaa sisältävä pystykuilu tarvitsee vähintään 9,1 m<sup>2</sup> lattiapinta-alaa. Kuvan 8 LVI-kortin taulukko antaa ilmavirtojen summalla 7 m<sup>3</sup>/s tarvittavaksi lattiapinta-alaksi ylemmällä käyrällä 11 m<sup>2</sup>, jolloin kuiluun jää vajaa 2 m<sup>2</sup>:n huoltotila. Taulukko 1 ja kuva 9 todistavat LVI-kortin mitoituskuvaajan ylemmän käyrän olevan edelleen pätevä.

### 3.3.2 Ilmanvaihtokanavakuilun sijoitus rakennuksessa

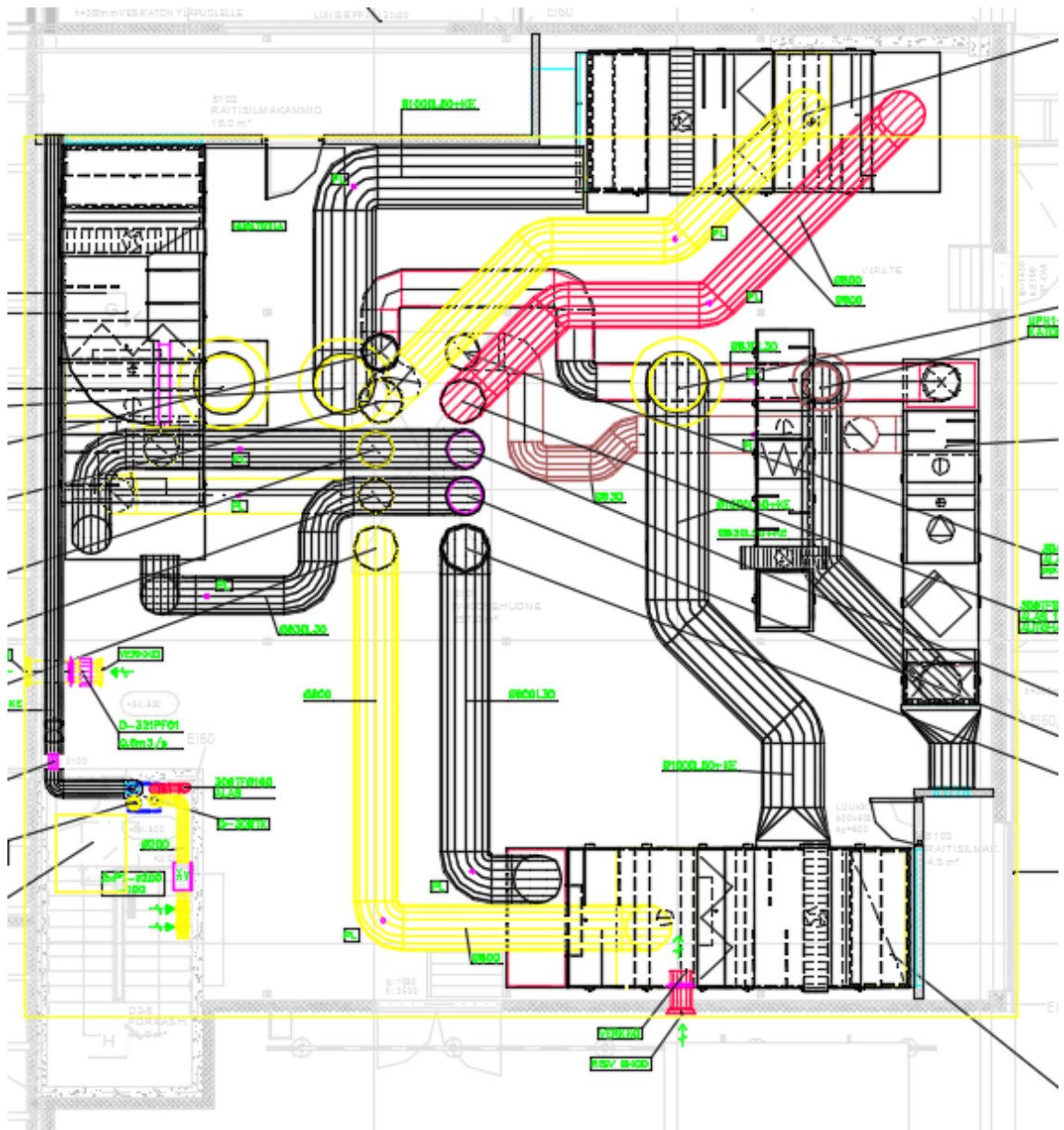
Ilmanvaihtokanavakuilut eli pystykuilut tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle siinä kulkevien ilmanvaihtokanavien palvelevia tiloja, jotta välttyttäisiin pitkiltä vaakavedoilta. Riippumatta rakennustyyppistä kanavakuilut tulisi sijoittaa lähelle sellaisia tiloja, joiden tulo- ja poistoilmavirtojen määrät ovat suuria. Esimerkiksi toimistorakennuksissa pystykuilut tulisi sijoittaa lähelle neuvotteluhuoneita. (4)

Kuvissa 10 ja 11 on havainnollistettu ilmanvaihtokanavakuilujen sijoittelua.



Kuva 10. Pystykuilusta lähtee tulo- ja poistoilmanvaihtokanavat moneen suuntaan käytävää (7).



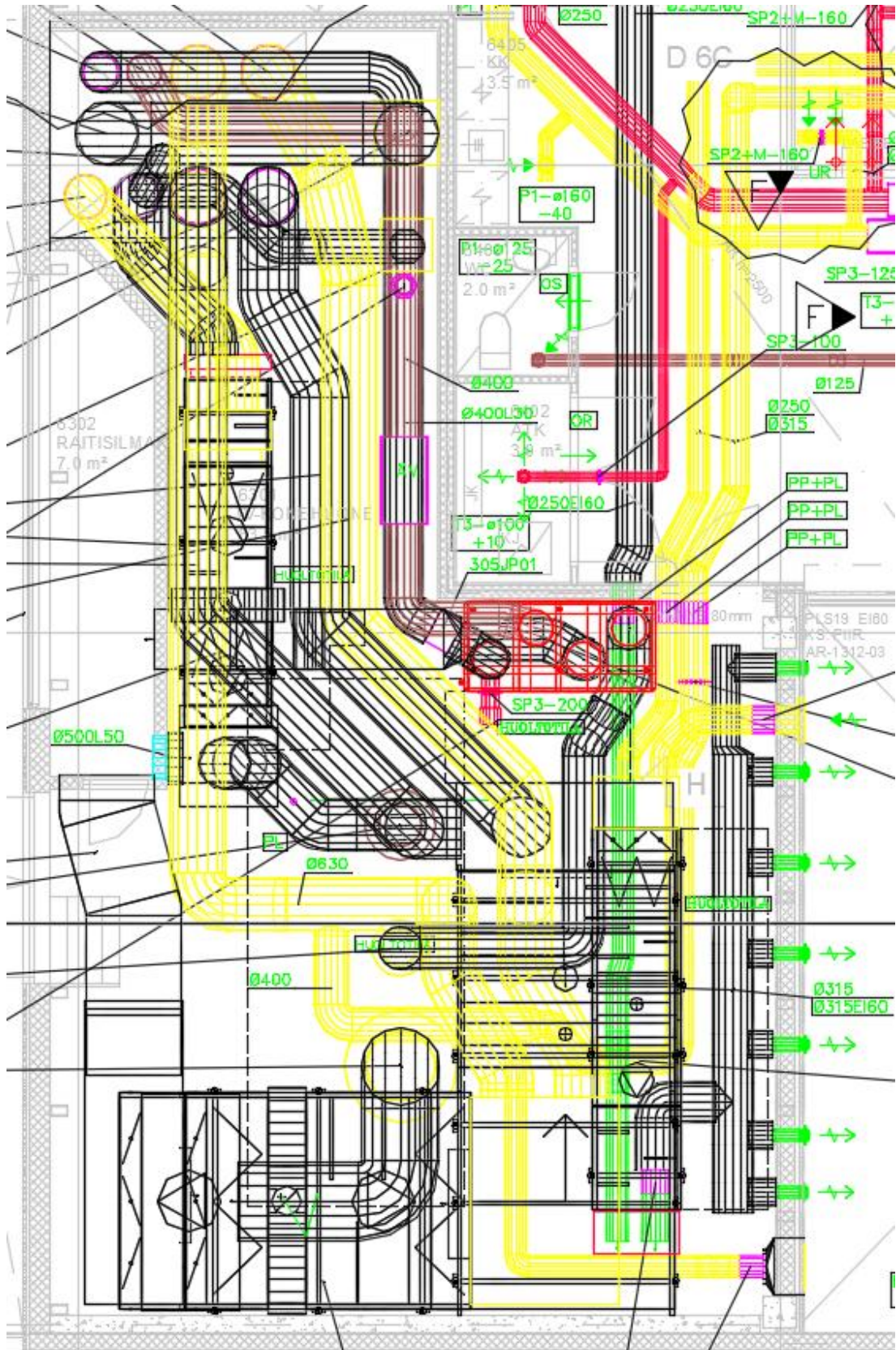


Kuva 11. Ilmanvaihdon pystykuilu on sijoitettu keskelle ilmanvaihtokonehuonetta (7).

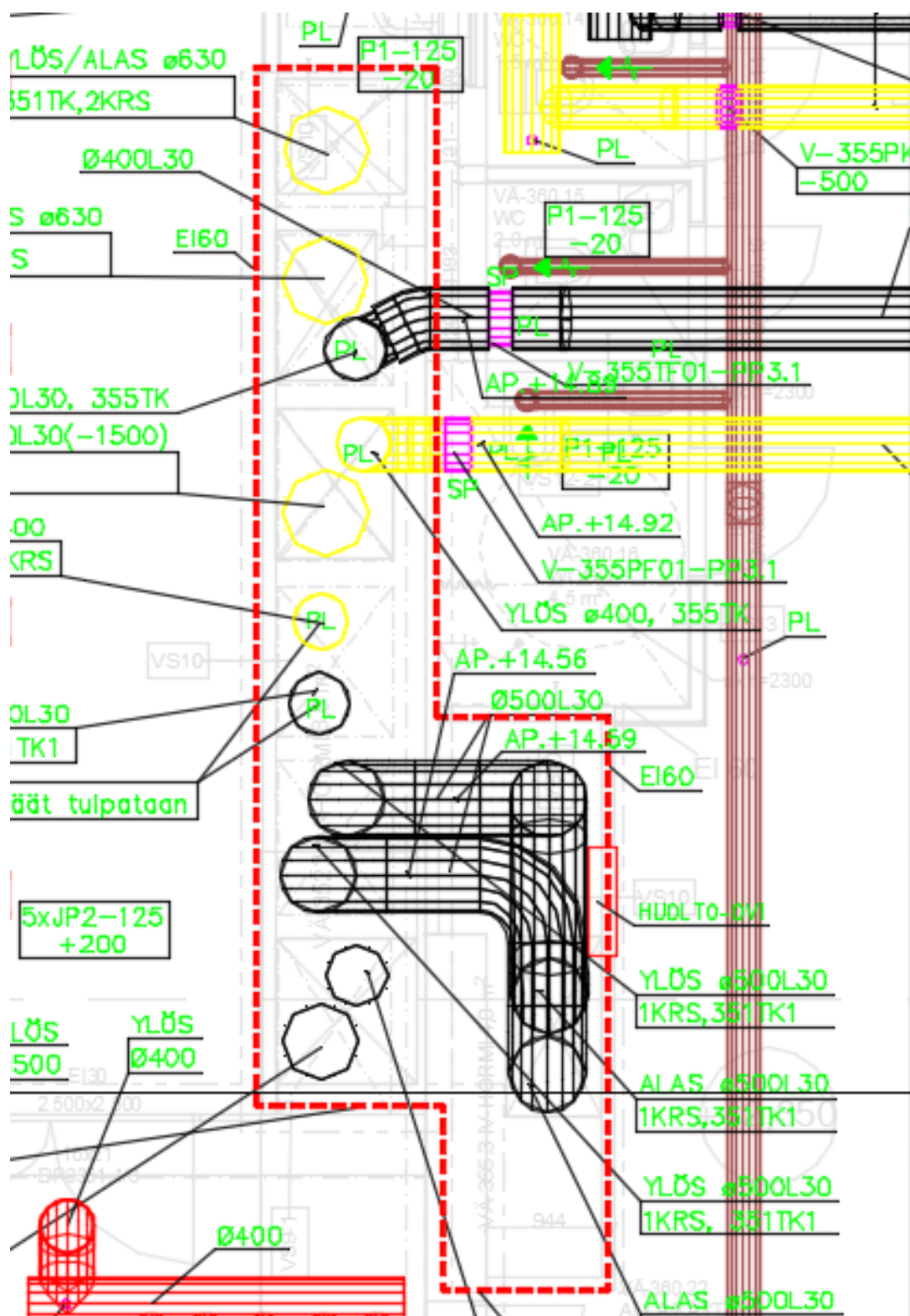
### 3.3.3 Ilmanvaihtokanavakuilun muoto

Paras mahdollinen muoto ilmanvaihtokanavakuiluille on sellainen, josta voidaan lähteä kanavilla kaikkiin suuntiin. Tällöin kuilu ei saa olla sijoitettu sellaisen rakenteen yhteyteen, jonka läpi ei pääse. Hissikuilujen yhteyteen sijoitetut kuilut voivat olla hyviä silloin, jos kuilu kiertää hissikuilun sen kolmen sivun osalta, jolloin siitä saadaan vedettyä kanavat kolmeen eri suuntaan. Kuvissa 12 ja 13 on havainnollistettu erimuotoisia IV-kanavakuiluja.





Kuva 12. Ilmanvaihtokanavakuilu on sijoitettu ilmanvaihtokonehuoneessa kuvan yllälaitaan ja on suorakaiteen muotoinen (7).



Kuva 13. Esimerkki kuiluratkaisusta. Tämä kuiluratkaisu on hyvä, sillä verrattuna suorakaiteen muotoiseen kuiluun tässä kuilussa kanavat ovat helpommin huollettavissa (7).

Taulukko 2. Ilmanvaihdon pystykuilujen sisä- ja ulkopinta-alojen erot keskimäärin. Taulukosta havaitaan tässä kohteessa olevien pystykuilujen sisäpinta-alan olevan ulkopinta-alaa noin 13–15 % pienempi. (7)

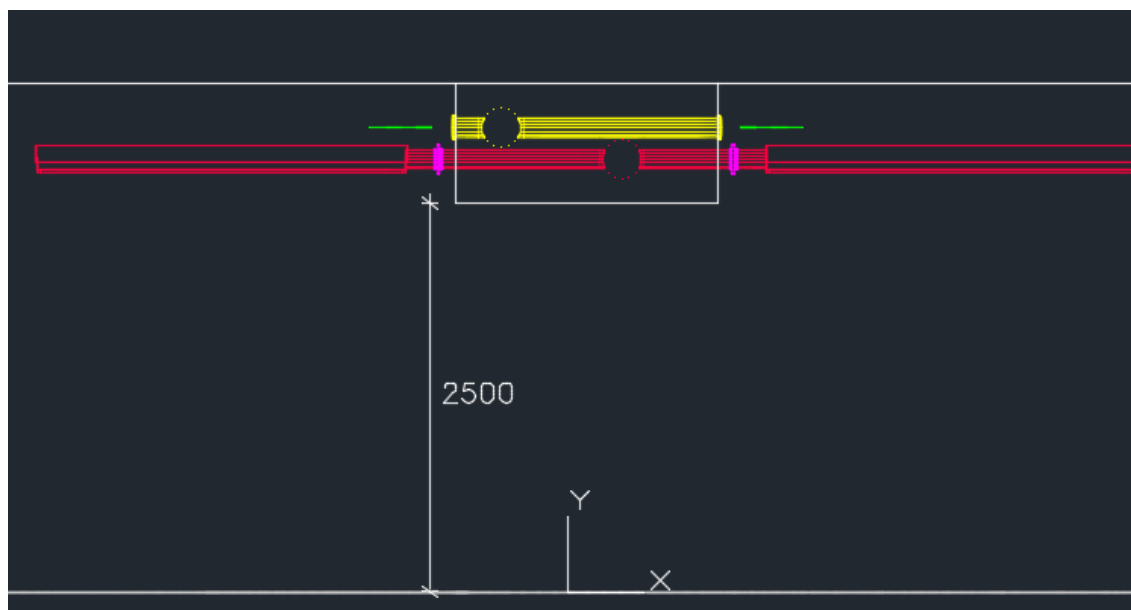
Kerros	1. Kuilujen sisäpinta-alat, m <sup>2</sup>	1. Kuilujen ulkopinta-alat, m <sup>2</sup>	2. Kuilujen sisäpinta-alat, m <sup>2</sup>	2. Kuilujen ulkopinta-alat, m <sup>2</sup>
K1				
1	6	7	8	9
2	6	7	8	9
3	8	10	8	9
4	8	10	8	9
5	11	12	8	9
6	11	12	8	
7	11	12		
8	11	12		
Yhteensä	72	82	48	47

Ilmanvaihtokuiluja sijoitetaan monesti erilaisten kantavien rakenteiden ja hissikuilujen yhteyteen. Edellä mainittujen rakenteiden yhteyteen sijoitetut pystykuilut ovat ongelmallisia, jos niistä voi lähteä IV-kanavilla vain yhteen suuntaan eli kanavat kulkisivat hissi-kuilun jollakin ulkosivulla. Tällöin alakattorakenteiden rajoitettu tila estää vetämästä IV-kanavia kahdessa tasossa pystykuilulta, olettaen että pystykuilussa on esimerkiksi 3 IV-kanavaa vierekkäin ja kaksi peräkkäin. Edellä mainittu tilanne ei ole ilmanvaihtokonehuoneissa niin kriittinen; niiden korkeuteen voidaan vaikuttaa helpommin suunnitteluvaiheessa ja niissä ei ole alakattorakenteita. Taulukko 2 havainnollistaa ilmanvaihtosuunnittelijalle tärkeyden ilmoittaa pystykuilujen kerroskohtaiset tilavaraustarpeet kuilun sisäpinta-alojen mukaan, jotta vältettäisiin alimitoitus.

### 3.4 Alakattorakenteet

Esimerkiksi liikerakennuksissa käytävätilojen alakattorakenteet sallivat enintään halkaisijaltaan 400 millimetrin pyöreän ilmanvaihtokanavan käytön, mutta 315 millimetriä halkaisijaltaan olevaan pyöreää kanavaa on järkevämpi käyttää suurimpana alakattorakenteisiin sijoitettavana kanavakokona, sen käytön mahdollistaessa ilmanvaihtokanavien suurempien eristepaksuuksien käytön. Keskiverto käytävä rakennuksesta riippumatta on noin 1,5–2,0 metriä leveä, jossa vapaa korkeus lattiapinnasta kattoon on noin 3 300 millimetriä, josta alakatto on noin 650 millimetriä alempana. Tällöin mahtuu halkaisijaltaan 315 millimetrin pyöreä ilmanvaihtokanava eristettynä 30 millimetrin läm-

pöeristeellä ja kannakoituna alakattoon, mikäli tilan ja kanavassa kulkevan ilman lämpötilaero on enintään 20 °C ja eristemateriaali on villaa. (4; 5, s. 22.)

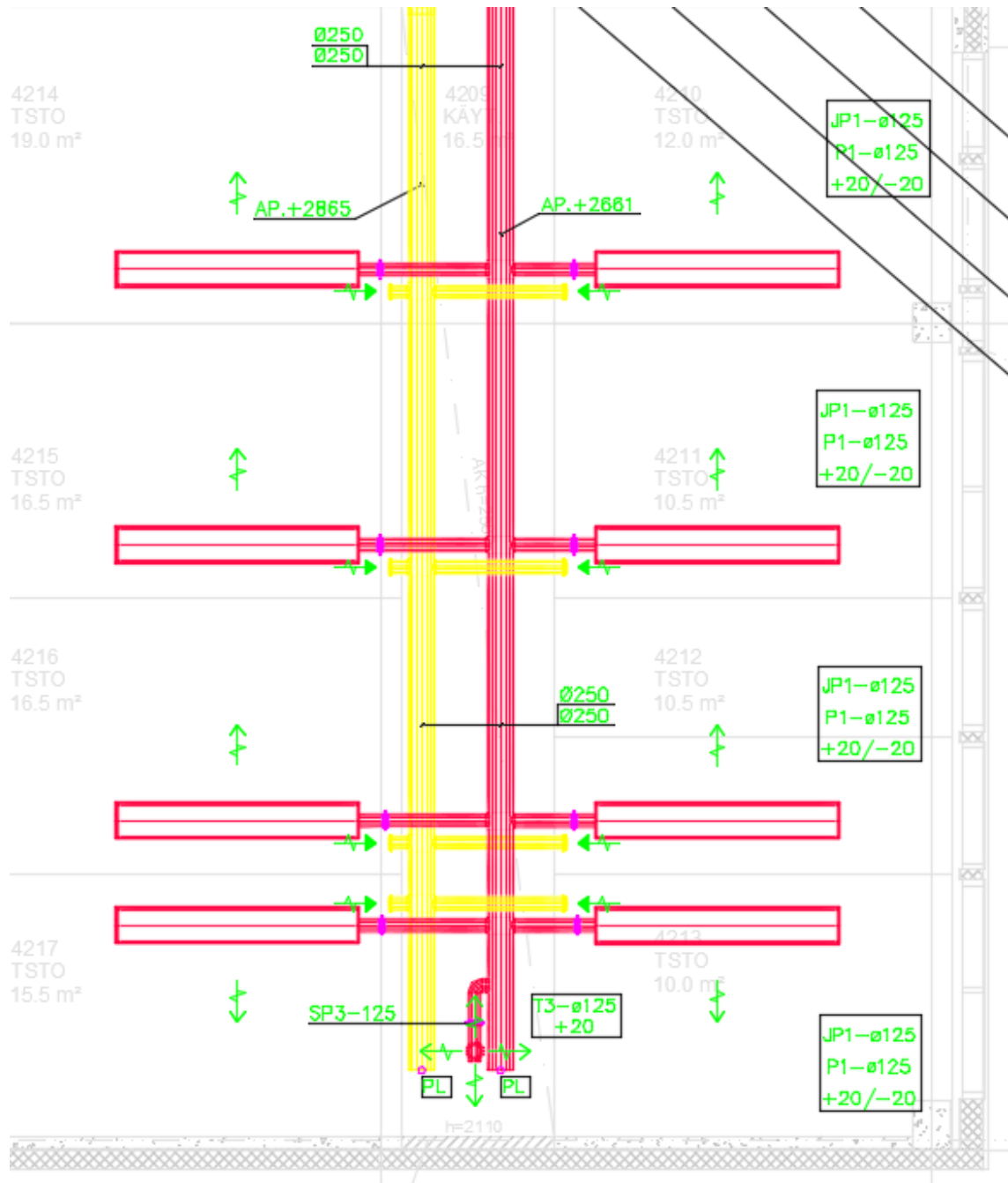


Kuva 14. Esimerkki avotoimiston käytävän alakattoratkaisusta (7).

Neuvottelutilojen tarvitsemien suurempien ilmavirtojen takia tilat tulisi pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman lähelle ilmanvaihtokuiluja tai ilmanvaihtokuilut lähelle neuvottelutiloja, jotta vältetään suurien ilmanvaihtokanavien pitkiltä vaakavedoilta alakattorakenteissa. Myöskään rinnakkaiset tuplakanavat, jossa vierekkäin kulkee yhteensä neljä ilmanvaihtokanavaa yhden käytävätilan alakattorakenteissa, eivät ole suositeltavia. Niistä on lähes mahdotonta haaroittaa tulo- ja poistoilmakanavia tilanpuutteen vuoksi. Kuvassa 14 on leikkauskuva avotoimiston alakattoon sijoitetuista IV-kanavista. Kuvassa 15 on havainnollistettu saman avotoimiston alakattoon asennetut IV-kanavat pohjakuvassa. (4)

Kokemus on osoittanut, että käytävätilojen alakattorakenteiden rajoitetun tilan vuoksi yhdeltä pystykuilulta on järkevää vetää ilmanvaihtokanavaa alakatossa korkeintaan 20 metrin matkalle, jotta vältetään kanavien haaroittamisen lähes mahdottomaksi tekeviltä rinnakkaisilta runkokanavilta käytävien alakatoissa. Jos kanavat palvelevat esimerkiksi oletuksena 160 neliömetrin tilaa, jonka käytävän puoleinen sivu on 20 metriä pitkä, ja ilmavirran mitoitusperusteena käytetään  $2,5 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ , tulee tämän tilan tuloilmavirraksi yhteensä  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  eli 400 litraa/s. Tällöin halkaisijaltaan 315 millimetrin IV-kanava olisi vielä teknisesti toimiva, sillä ilmavirran nopeus ei ylitä arvoa 6 m/s. (4)





Kuva 15. Ilmanvaihtokanavat kulkevat toimistojen välisessä alakatossa (7).

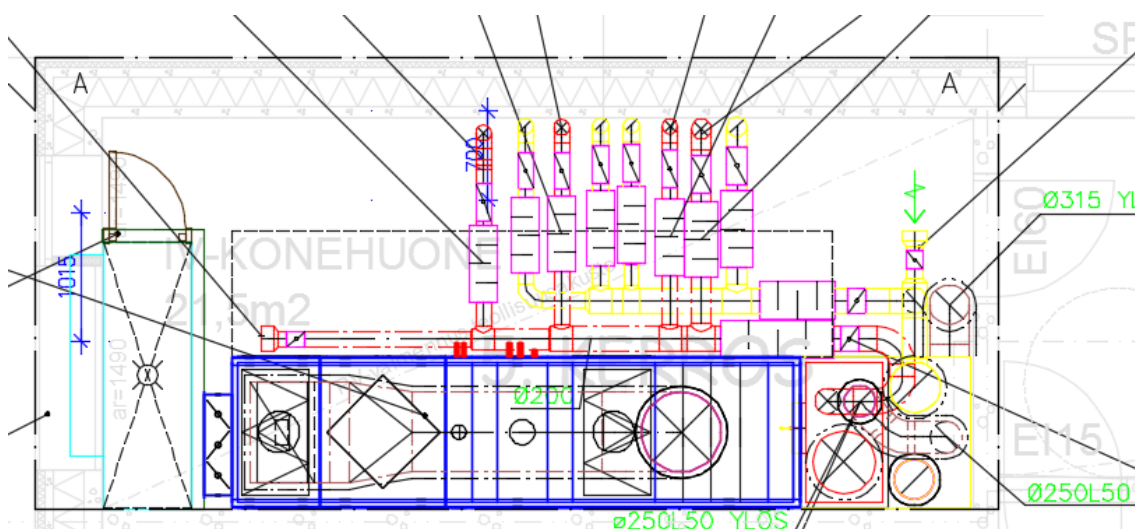
## 4 Tilavaraustarpeet eri rakennustyypeissä

### 4.1 Asuinrakennukset

#### 4.1.1 Keskitetty ilmanvaihto

Keskitetyssä ilmanvaihdossa rakennus jaetaan ilmanvaihtovyöhykkeisiin sekä paine-alueisiin ja päätetään konejaosta. Ilmanvaihtovyöhykkeissä tietylle ilmanvaihtokoneelle on määritelty sen palvelevien kerrosten määrä, joka on maksimissaan 6–7 kerrosta. Keskitetyn ilmanvaihdon kanavointiin vaikuttaa ilmanvaihtokonehuoneen sijoituspaikka.

(4)



Kuva 16. Esimerkki keskitetyn ilmanvaihdon ilmanvaihtokonehuoneen ratkaisusta asuinkerrostalossa (7).

#### 4.1.2 Hajautettu ilmanvaihto

Hajautetussa eli asuntokohtaisessa ilmanvaihdossa tilavaraustarpeet riippuvat merkittävästi ilmanvaihtokoneen sijainnista, eikä erillistä ilmanvaihtokonehuonetta ole. Ilmanvaihtokone sijoitetaan joko kylpyhuoneeseen tai porraskäytävän läheisyyteen, mikä vaikuttaa IV-koneen huollettavuuteen. Ilmanvaihtokanavat ovat pieniä ja isoissa asunnoissa on joissain tapauksissa kaksi IV-konetta. Myös asuinrakennusten kerroskorkeuksien ollessa matalia, niissä ei ole tilaa pitkiin IV-kanavien vaakavetoihin. IV-kanavien vaakavedot pyritään suunnittelemaan alakattorakenteisiin, jolloin ne rajoittuvat eteis-, WC-, kylpy-, sauna- ja käytävätiloihin. (4)

Porraskäytävän yhteyteen sijoitettu IV-kone on huollon kannalta edullisin ja helpoin, sillä huoltohenkilökunnan ei tarvitse päästä asunnon sisälle suorittamaan huoltotoimenpiteitä. Mikäli IV-kone päädytään sijoittamaan huoneiston pesu- tai kodinhoitohuoneeseen yksinkertaisemman ja helpomman kanavointiratkaisun, sen huoltaminen vaikeutuu. Palo-osastoinnin takia IV-koneita ei usein sijoiteta porrashuoneisiin, jotta voidaan välttää palopelleiltä ja -eristyksiltä.

Ilmanvaihtokanavakuilujen tarpeisiin vaikuttaa suuresti, jäteilman ulospuhalluksen salliminen julkisivusta. Pääkaupunkiseudulla tarvitaan rakennusvalvontaviranomaisen lupa, jossa ratkaisu osoitetaan toimivaksi VTT:n simulaatiolla. Muualla Suomessa tarvitaan ainoastaan paikallisen rakennuslupaviranomaisen myöntämä lupa jäteilman ulospuhallukseen julkisivusta. (4)

Raitisilma voidaan lähtökohtaisesti ottaa sisään julkisivusta. Merkittävin este tai lisähuomio edellä mainitulle on rakennuksen sijaitseminen lähempänä kuin 50 metriä tiestä, jossa kulkee yli kymmenentuhatta autoa vuorokaudessa. Tällöin täytyy ensisijaisesti tutkia mahdollisuus kanavoida raitisilman otot rakennuksen "puhtaalle puolelle". Mikäli tämä ei ole mahdollista, niin raitisilman otto täytyy kanavoida ylemmäs rakennuksessa, jolloin tarvitaan pystykuiluja. Raitisilman laatu tulee myös osoittaa mittauksilla, jotta ilman epäpuhtauksien raja-arvot eivät ylity. (4; 1, s. 12.)

#### 4.1.3 Kerroskohtainen ilmanvaihto

Kerroskohtainen ilmanvaihto on hajautetun ja keskitetyn ilmanvaihdon yhdistelmä. Jokaisessa kerroksessa on ilmanvaihtokonehuone, jonka ilmanvaihtokoneet palvelevat oman kerroksensa huoneistoja. Kerroskohtaista ilmanvaihtoa käytettäessä vältetään lähtökohtaisesti ilmanvaihtokuiluilta, mutta niiden vaatimat tilat tarvitaan ilmanvaihtokoneille. Mikäli rakennuslupaviranomaiset eivät hyväksy jäteilman seinäpuhallusta, joudutaan jäteilma kanavoimaan pystykuiluissa katolle asti, eikä pystykuilujen tarve poistu kokonaan. Asuinrakennuksissa runkoilmanvaihtokanavat kulkevat porraskäytävien alakatoissa. (4)

Huollon kannalta kerroskohtaisessa ilmanvaihtoratkaisussa yhdistyvät hajautetun ja keskitetyn ilmanvaihdon parhaat puolet. Järjestelmän säädettävyys ja huollettavuus on helppoa. Huoltohenkilökunta pääsee helposti käsiksi järjestelmän päähuoltokohteisiin, kuten ilmanvaihtokoneen suodattimiin, aiheuttamatta häiriöitä huoneistojen asukkaille.

## 4.2 Toimistorakennukset

Toimistorakennukset vaativat ilmanvaihdon suunnittelulta lisää muuntojoustavuutta, jolloin tilojen käyttäjien vaihtuessa tilat ovat helposti muokattavissa. Toimistorakennuksen ilmanvaihtosuunnittelun alkuvaiheessa tulee selvittää tuleeko rakennukseen ruokala- ja ravintolapalveluita, koulutustiloja ja montako neuvottelutilaa rakennukseen tulee. Ruokala- ja ravintolapalvelut tarvitsevat rasvakanavat ja omat ilmanvaihtokoneensa. Koulutus- ja neuvottelutilat tarvitsevat suurempia ilmamääriä, jolloin ilmanvaihtokoneiden koot ja määrät kasvavat. 95 %:ssa kaikista tapauksista muuntojoustavuutta mitoitetaan vähintään 10 % ylimääräistä tietyn ilmanvaihdon palvelualueen ilmapirrasta. Joissain tapauksissa kiinteistön tilaaja voi vaatia omissa ohjeissaan suurempia muuntojoustavuusvaatimuksia, jolloin ilmapirratt ylimitoitetaan jopa 20–30 % suuremmiksi. (4)

## 4.3 Liikerakennukset

Liikerakennuksien ominaispiirteisiin kuuluva korkeampi kerroskorkeus sallii suuremmat kanavakoot, jotka mahdollistavat pidemmät ilmanvaihtokanavien vaakavedot. Liikerakennuksissa muuntojoustavuutena voidaan käyttää vähintään 10 %:n ylimitoitusta ilmanvaihtokoneilla. Liikerakennukset voidaan jakaa esimerkiksi 2 000 m<sup>2</sup>:n kokoiisiin palvelualueisiin, joille tulee omat ilmanvaihtokoneet. (4)

Liikerakennusten ilmanvaihdon tilanvarauksia suunniteltaessa täytyy selvittää, kuinka monta ravintolaa ja keittiötä rakennukseen tulee. Pitää myös varautua ylimääräisiin rasvakanavavarauksiin, jotta mahdollistetaan jälkeinpäin jonkin tilan muuttaminen ravintolaksi. Ilmanvaihtokonehuoneeseen tulee varata tila ylimääräisiä rasvakanavia varten jälkeinpäin asennettavaksi tarkoitetulle ilmanvaihtokoneelle. (4)

## 4.4 Ravintolat ja hotellit

Ravintoloiden rasvapoistojen lämmöntalteenoton takia tarvitaan keittiölle oma tulo- ja poistoilmakone ravintolasalin koneen lisäksi. Ravintolasalin ilmanvaihtokone voidaan varustaa pyöriväroottorisella lämmöntalteenotolla. Keittiön IV-kone varustetaan neste-kiertoisella LTO:lla, jossa neste on yleisimmin vesi-glykoli-seosta. Nestekiertoista LTO:ta käytettäessä vältetään tulo- ja poistoilmavirtojen sekoittumiselta. Siksi palotek-



nisten määräysten takia nestekiertoineen LTO on keittiötiloissa ainut vaihtoehto. Pelkäämään ravintolaksi tarkoitettun rakennuksen rasvakanavien ulottaminen LTO:n piiriin helposti kaksinkertaistaa IV-koneiden tilavarauksen IV-konehuoneissa, sillä keittiö ja ravintolasali tarvitsevat erilliset IV-koneet. (4)

Kerroksien läpi vesikatolle johdettavat rasvakanavat tulee paloeristää EI120-tason mukaisesti. Keittiötilassa olevien kanavien paloneristystasoksi riittää EI60. EI60-paloeristuksen eristepaksuus on enintään 75 millimetriä, mikä lisää kanavan halkaisijaa 150 millimetrillä. EI120-paloeristuksen luokassa puolestaan eristepaksuus on enintään 115 millimetriä, ja kanavan halkaisija kasvaa vastaavasti 230 millimetrillä. (4; 6.)

Paloeristys tulee huomioida tilanvarauksia tehtäessä, sillä sen aiheuttama tilantarpeen kasvu on merkittävä. Alakattorakenteissa voidaan järkevästi käyttää enintään 400 millimetriä halkaisijaltaan olevaa pyöreää kanavaa, jolloin EI60-paloeristysluokan mukaan eristetty kanava vaatii korkeussuunnassa 150 millimetriä lisää tilaa. Tässä tilanteessa suurimmaksi EI60-tason mukaan paloeristetyn kanavan maksimihalkaisijaksi muodostuu  $(400 - 150) \text{ mm} = 250 \text{ mm}$ .

#### 4.5 Teatterit

Teattereissa ilmanvaihdon tilavarauksissa korostuvat äänikriteerien vaikutukset ilmanvaihtokoneiden ja niiden äänenvaimentimien kokoihin. Äänenvaimentimien pituudet voivat kasvaa jopa kolmeen metriin. Ilmavirtojen nopeudet ovat alhaisempia kuin muissa rakennustyypeissä, jolloin ilmanvaihtokanavistojen ja -koneiden kokojen täytyy olla suurempia. Tuloilmakanavassa voi olla enemmän kuin yksi äänenvaimennin, yksi ilmanvaihtokonehuoneella ja toinen teatteritilan läheisyydessä. (4)

Tuloilma tuodaan teattereissa niiden katsomoiden penkkirivistöjen kautta teatteritilaan. Penkkirivistöjen alle tulevassa runkokanavassa on monesti vielä äänenvaimennin, jonka jälkeen tuloilma haaroitetaan eri penkkirivistöille. Poistoilma otetaan katosta, ja riippuen siitä, onko kyseessä elokuvateatteri vai teatteri, näyttämön päältä tai valkokankaan edestä tai vaihtoehtoisesti edellä mainittujen sivuilta seinän kautta. (4)

#### 4.6 Urheilutilat, uimahallit ja kasarmit

Uimahalleissa tulee kiinnittää huomiota kostean jäteilmän poistoreittiin. Suomessa kylmät olosuhteet voivat aiheuttaa jäätymisvaurioita jäteilmalaitteisiin. Uimahallien allastilojen ollessa melko korkeita, niissä voidaan käyttää vaakavedoissa suurempia kanavakokoja. Pesu- ja saunatiloissa ilmanvaihdon tilanvarauksiin pätevät samat tekijät kuin muissakin rakennustyypeissä oleviin samanlaisiin tiloihin. (4)

Urheilutiloissa ominaispiirteenä ovat korkeat tilat, erityisesti liikuntasaleissa. Ilmanvaihdon tilanvarauksiin vaikuttaa eniten urheilutilan lämmitysratkaisu. Eniten ilmavaihtojärjestelmät vievät tilaa silloin, kun koko tila lämmitetään ilmanvaihdolla. Tällöin ilmavirrat kasvavat suuremmiksi, jolloin ilmanvaihtokanavistojen koko ja päätelaitteiden määrä kasvaa, jotta tarvittava lämmitysteho voidaan saavuttaa. Liikuntasalien ollessa korkeita on niiden alakatoissa mahdollista vetää vaakavetoina tavanomaista suurempia, yli 400 millimetriä halkaisijaltaan olevia pyöreitä IV-kanavia. Mikäli tilaa ei lämmitetä tuloilmalla, vaan se lämmitetään kattoon asennettavilla säteilylämmittimillä tai tavallisilla lattianrajaan asennettavilla lämmityspattereilla, lämmitystarve ei kasvata tarvittavia ilmavirtoja eikä kanavien kokoja. Tällöin tilan ilmavaihtojärjestelmät vievät vähemmän tilaa. Syrjäyttävä ilmanvaihto on urheilutiloissa hyvä vaihtoehto sekoittavalle ilmanvaihdolle, mutta sitä käytettäessä tilaa ei saa lämmittää tuloilmalla.(4)

Kasarmirakennukset, joissa varusmiehet majoittuvat, sisältävät miehistö-, opetus-, pesuhuone-, kuivaushuone- ja käytävätiloja. Kasarmirakennukset ovat käytännössä majoitus- ja opetustilojen yhdistelmiä, niiden sisältäessä samanlaisia tiloja. Kasarmirakennukset ovat pääsääntöisesti kaksi- tai kolmekerroksisia, minkä lisäksi ilmanvaihtokonehuoneet sijaitsevat vesikatoilla. Ylimmässä kerroksessa on pelkästään majoitus-, kuivaushuone, pesu- ja käytävätiloja. Ensimmäisessä kerroksessa edellä mainittujen tilojen lisäksi voi olla myös toimistotiloja. Alimmassa kerroksessa on lähinnä varasto-, opetus- ja auditoriotiloja.

Taulukko 3. Eri rakennustyyppien tuloilman mitoitusperusteet henkilömäärän mukaan (1, s. 25, 26, 28).

Tuloilman mitoitus henkilö- määrän mukaan	Kasarmit	Asuinrakennukset	Oppilaitokset
	dm <sup>3</sup> /s/hlö	dm <sup>3</sup> /s/hlö	dm <sup>3</sup> /s/hlö
Asuintila tai miehistötila	8	6	-
Opetustila	6	-	6
Ruokala	6	-	6
Luentosali tai auditorio	-	-	8

Taulukosta 3 nähdään samankaltaisten tilojen erot tuloilman mitoituksessa. Kasarmien miehistötilojen tuloilmavirta on 2 dm<sup>3</sup>/s/hlö suurempi kuin asuinrakennusten asuintilojen. Opetus- ja ruokalatiloiden osalta kasarmirakennuksissa henkilömäärän mukaiset tuloilman mitoitusperusteet ovat oppilaitosten kanssa identtisiä. Oppilaitoksien luentosali otettiin vertailuun mukaan, sillä monissa kasarmirakennuksissa on luentosalin kaltaisia auditoriotiloja, joihin voisi soveltaa oppilaitosten mukaisia mitoitusperusteita. (1, s. 25, 26, 28.)

Tyypillisessä kasarmirakennuksessa olevassa auditoriotilassa voi olla samanaikaisesti jopa 150–200 henkilöä, tilan ollessa kooltaan verrattain pieni. Mikäli kyseinen auditoriotila mitoitetaan RakMK D2:n mukaan, kasarmien opetustilana henkilömäärään perustuen tulee tilan tuloilmavirraksi 6 dm<sup>3</sup>/s/hlö x 200 hlö = 1 200 dm<sup>3</sup>/s = 1,2 m<sup>3</sup>/s. Jos sama tila puolestaan mitoitettaisiin oppilaitosten luentosalien mukaan, muodostuisi tuloilmavirraksi 8 dm<sup>3</sup>/s/hlö x 200 hlö = 1 600 dm<sup>3</sup>/s = 1,6 m<sup>3</sup>/s, jolloin tuloilmavirta kasvaa 400 dm<sup>3</sup>/s suuremmaksi. Vanhojen kasarmirakennusten saneerauksessa rajoitettu tila vaikeuttaa suurien ilmavirtojen tuomista tiloihin. Kasarmirakennuksen auditoriotilan käyttöaste vaihtelee suuresti verrattuna muihin tiloihin ja tilanteita, joissa kyseisessä tilassa on maksimi henkilömäärä, on harvoin. Säädetävyyden hyvää toimivuutta tavoiteltaessa auditoriotilalle kannattaa varata oma ilmanvaihtokone, joka palvelee ainoastaan auditoriotilaa, jota säädetään hiilidioksidi- ja kosteusantureilla. Tällöin voidaan välttyä myös paljon tilaa vieviltä ilmanvaihtokanavien vaakavedoilta, jos tilaa palvelevat kanavat voidaan vetää katolla olevasta ilmanvaihtokonehuoneesta pelkillä pystykanavilla alimmassa kerroksessa sijaitsevaan auditoriotilaan. (1, s. 25, 26, 28.)

Taulukko 4. Eri rakennustyyppien tuloilman mitoitusperusteet tilan lattiapinta-alan mukaan (1, s. 25, 26, 28).

Tuloilman mitoitus tilan lattiapinta-alan mukaan	Kasarmit dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>	Toimistot dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>	Asuinrakennukset dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>	Oppilaitokset dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>
Asuintila tai miehistötila	2	-	0,5	-
Opetustila	3	-	-	3
Käytävä tai aula	1	0,5	-	4
Ruokala tai kahvio	5	5	-	5
Luentosali tai auditorio	-	-	-	6

Taulukosta 4 voidaan havaita tilojen pinta-alaperusteisen tuloilman mitoituksen erot eri rakennustyyppien osalta. Kasarmien miehistötilojen tuloilmavirta on kolme kertaa suurempi kuin asuinrakennuksien asuintilojen. Käytävätilojen tuloilmavirta on yksi kertaa suurempi kuin toimistorakennuksilla, mutta opetus- ja ruokalatiloiden mitoitusperusteet ovat identtisiä. Kuten muissakin rakennustyypeissä poistoilmavirrat mitoitetaan siten, että rakennus on alipaineinen maksimissaan 30 Pa ulkoilmaan verrattuna. (1, s.19.)

## 5 Tilavarausten tekeminen hankesuunnitteluvaiheissa

### 5.1 Toimistorakennuksen tilavarausten tutkiminen

Toimistorakennuksessa on kahdeksan maanpäällistä kerrosta ja yksi kellarikerros. Ilmanvaihtokonehuoneet sijaitsevat kerroksissa 6 ja 8. Kohteesta laskettiin ilmanvaihtokonehuoneiden, ilmanvaihdon pystykuilujen ja lämmönjakohuoneiden bruttopinta-alat. Nämä arvot on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Toimistorakennuksen tutkitut muuttujat (7).

	Rakennuksen bruttopinta-ala	IVKH nettopinta-alat	LJH nettopinta-alat	Pystykuilujen nettopinta-alat
Neliömetriä, m <sup>2</sup>	9114	406	15	116
Osuus rakennuksen bruttopinta-alasta, %		4,5	0,2	1,2

Taulukosta 5 havaitaan ilmanvaihtokonehuoneiden vievän 4,5 % toimistorakennuksen pohjapinta-alasta. Ilmanvaihdon pystykuilut vievät 1,2 % ja lämmönjakohuone 0,2 %

rakennuksen pohjapinta-alasta. Taulukossa 6 on avattu pystykuilujen tilavaraukset kerroskohtaisesti.

Taulukko 6. Toimistorakennuksen ilmanvaihdon pystykuilujen pohjapinta-alat eriteltynä kerroksittain absoluuttisesti ja suhteessa kerrosten bruttopinta-alaan (7).

Kerros	A kerros, brm <sup>2</sup>	A pystykuilu, netto m <sup>2</sup>	Kuilujen nettopinta-alojen osuus kerrosten bruttopinta-aloista, %
K1	1454	0	0,0
1	1449	16	1,1
2	1240	16	1,3
3	1216	18	1,5
4	1216	18	1,5
5	1216	20	1,7
6	1069	11	1,0
7	723	11	1,5
8	317	11	3,5
Yhteensä	9900	121	1,2

## 5.2 Kauppakeskuksen tilavarausten tutkiminen

Tutkittu kauppakeskus on liikerakennus, jossa on viisi maanpäällistä kerrosta ja yksi kellarikerros. Kohteesta laskettiin ilmanvaihtokonehuoneiden, ilmanvaihdon pystykuilujen ja lämmönjakohuoneiden bruttopinta-alat. Nämä arvot ovat esitetty taulukossa 7. Ilmanvaihtokonehuoneet sijaitsevat kerroksissa 2–5 ja lämmönjakohuone kerroksessa 2.

Taulukko 7. Kauppakeskuksen tutkitut muuttujat (7).

	Rakennuksen bruttopinta-ala	IVKH	LJH	Pystykuilujen nettopinta-alat, m <sup>2</sup>
Neliömetriä, m <sup>2</sup>	107800	4700	360	650
Osuus rakennuksen kokonaispinta-alasta, %		4,4	0,4	0,6

Taulukosta 7 havaitaan ilmanvaihtokonehuoneiden vievän 4,4 % liikerakennuksen pohjapinta-alasta. Ilmanvaihdon pystykuilut vievät 0,6 % ja lämmönjakohuone 0,4 % ra-

kennuksen pohjapinta-alasta. Taulukossa 8 on avattu pystykuilujen tilavaraukset kerroskohtaisesti.

Taulukko 8. Kauppakeskuksen ilmanvaihdon pystykuilujen pohjapinta-alat eriteltynä kerroksittain absoluuttisesti ja suhteessa kerrosten bruttopinta-alaan (7).

Kerros	A kerros, brm <sup>2</sup>	A pystykuilu, brm <sup>2</sup>	Kuilujen nettopinta-alojen osuus kerrosten bruttopinta-aloista, %
K1	15843	89	0,6
1	36444	99	0,3
2	38349	342	0,9
3	13039	89	0,8
4	3859	24	0,7
5	246	6	2,5
Yhteensä	107780	649	0,6

### 5.3 Asuinrakennusten tilavarausten tutkiminen

#### 5.3.1 Talo 1

Talo 1 on matala asuinkerrostalo, jossa on viisi maanpäällistä kerrosta ja yksi kellari-kerros. Kohteesta laskettiin ilmanvaihtokonehuoneiden, ilmanvaihdon pystykuilujen ja lämmönjakohuoneiden bruttopinta-alat.

Taulukko 9. Asuinrakennus Talo 1:n tutkitut muuttujat (7).

	Rakennuksen bruttopinta-ala	IVKH bruttopinta-ala	LJH Brutttopinta-ala	Pystykuilujen nettopinta-alat
Neliömetriä, m <sup>2</sup>	2400	27	18	14
Osuus rakennuksen kokonaispinta-alasta, %		1,1	0,8	0,6

Taulukosta 9 havaitaan ilmanvaihtokonehuoneiden vievän 1,1 % asuinrakennuksen pohjapinta-alasta. Ilmanvaihdon pystykuilut vievät 0,6 % ja lämmönjakohuone 0,8 % rakennuksen pohjapinta-alasta. Tämä oli ainoa tutkituista tapauksista, jossa lämmönjakohuone vaatii enemmän pohjapinta-alaa kuin ilmanvaihdon pystykuilut.

Taulukko 10. Asuinrakennus Talo 1:n ilmanvaihdon pystykuilujen pohjapinta-alat eriteltynä kerroksittain absoluuttisesti ja suhteessa kerrosten bruttopinta-alaan (7).

Kerros	A kerros, brm <sup>2</sup>	A pystykuilu, netto m <sup>2</sup>	Kuilujen nettopinta-alojen osuus kerrosten bruttopinta-aloista, %
K1	412	1,5	0,4
1	412	2,5	0,6
2	412	2,5	0,6
3	412	2,5	0,6
4	412	2,5	0,6
5	324	2,5	0,8
Yhteensä	2384	14	0,6

Taulukon 10 muuttujien arvot pysyvät melko muuttumattomina, sillä kerrokset 1–4 ovat identtisiä. Ilmanvaihtokonehuone sijaitsee ylimmässä kerroksessa ja lämmönjakohuone kellarissa. Pystykuilujen pohjapinta-alat pysyvät samana ilmanvaihtokonehuoneelta rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen asti.

### 5.3.2 Talo 2

Talo 2 on korkea asuinkerrostalo, jossa on yhdeksän maanpäällistä kerrosta ja yksi kellarikerros. Kohteesta laskettiin ilmanvaihtokonehuoneiden, ilmanvaihdon pystykuilujen ja lämmönjakohuoneiden bruttopinta-alat.

Taulukko 11. Asuinrakennus Talo 2:n tutkitut muuttujat (7).

	Rakennuksen bruttopinta-ala	IVKH bruttopinta-ala	LJH bruttopinta-ala	Pystykuilujen nettopinta-ala
Neliömetriä, brm <sup>2</sup>	3000	50	18	35
Osuus rakennuksen kokonaispinta-alasta, %		1,7	0,6	1,1

Taulukosta 11 havaitaan ilmanvaihtokonehuoneiden vievän 1,7 % asuinrakennuksen pohjapinta-alasta. Ilmanvaihdon pystykuilut vievät 1,1 % ja lämmönjakohuone 0,6 % rakennuksen pohjapinta-alasta.

Taulukko 12. Asuinrakennus Talo 2:n ilmanvaihdon pystykuilujen pohjapinta-alat eriteltynä kerroksittain absoluuttisesti ja suhteessa kerrosten bruttopinta-alaan (7).

Kerros	A kerros, brm <sup>2</sup>	A pystykuilu, netto m <sup>2</sup>	Kuilujen nettopinta-alojen osuus kerrosten bruttopinta-aloista, %
K1	339	0,0	0,0
1	332	1,1	0,3
2	332	3,8	1,2
3	332	3,8	1,2
4	332	3,8	1,2
5	332	3,8	1,2
6	332	3,8	1,2
7	332	3,8	1,2
8	190	3,8	2,0
9	77	3,8	5,0
Yhteensä	2930	31,5	1,1

Taulukon 12 muuttujien arvot pysyvät melko muuttumattomina, sillä kerrokset 2–7 ovat identtisiä. Ilmanvaihtokonehuoneet sijaitsevat ensimmäisessä ja yhdeksännessä kerroksessa ja lämmönjakohuone kellarissa.



## 6 Loppupäätelmät

Ilmanvaihtojärjestelmien tilavaraustarpeet ovat kasvaneet aiempaa kovempien energia-  
tehokkuusmääräysten ja -tavoitteiden takia. Tämän seurauksena oli tarpeen tutkia uu-  
sia mitoitusperusteita toimisto-, liike- ja asuinrakennuksiin. Talotekniikan tilavaraush-  
jeita on tehty aiemminkin, mutta osa niistä on vanhentuneita ja osa ei käsittele ilman-  
vaihtoa tarkasti.

Insinööritöyssä käytiin läpi ilmanvaihdon teknisiin tilavarauksiin vaikuttavia tekijöitä,  
ensin termien pohjalta ja lopuksi tutkien neljää eri rakennusta niissä tehtyjen ratkaisui-  
den osalta. Tutkittuja rakennuksia olivat tyypillinen toimistorakennus, tyypillinen kaup-  
pakeskus sekä kaksi asuinkerrostaloa, joista toinen on korkea ja toinen matala. Jokai-  
sesta rakennuksesta laskettiin prosentuaaliset suhdeluvut ilmanvaihtokonehuoneiden,  
lämmönjakohuoneiden ja ilmanvaihdon pystykuilujen nettopinta-alat suhteessa raken-  
nuksen bruttopinta-alaan. Tulokset on koottu taulukkoon 13.

Taulukko 13. Eri rakennustyyppien ilmanvaihtokonehuoneiden, lämmönjakohuoneiden ja ilman-  
vaihdon pystykuilujen nettopinta-alojen osuudet rakennusten bruttopinta-aloista tutkituissa esi-  
merkkikohteissa koottuna. Kaikki arvot ovat suhteessa rakennuksen kokonaisbruttopinta-  
alaan. (7)

	Toimistoraken- nus	Kauppakes- kus	Asuinraken- nus Talo 1, matala	Asuinraken- nus Talo 2, korkea
Prosenttia bruttopinta- alasta	%	%	%	%
Ilmanvaihtokonehuo- neiden nettopinta-alat	4,5	4,4	1,1	1,7
Lämmönjakohuoneiden nettopinta-alat	0,2	0,4	0,8	0,6
Ilmanvaihdon pystykuil- ujen nettopinta-alat	1,2	0,6	0,6	1,1

Opinnäytetyössä selvitettiin huomioon otettavia asioita ilmanvaihtojärjestelmien tilava-  
rausten tehokkaaseen tekemiseen hankesuunnitteluvaiheessa ja esimerkkikohteiden  
mukaan laskettuja tunnuslukuja voidaan hyödyntää suuntaa antavina kertomina toimis-

to-, liike- ja asuinrakennusten tilavarausten määrittämisessä. Neljän tutkitun rakennuksen arvojen perusteella ilmanvaihtokonehuoneiden keskimääräisenä nettopinta-alan tarpeena voitaisiin hankesuunnitteluvaiheessa käyttää 5 % rakennuksen bruttopinta-alasta. Poikkeuksellisesti asuinrakennuksissa, joissa on päädytty keskitetyn ilmanvaihdon ratkaisuun riittää 2 %. Ilmanvaihdon pystykuilut tarvitsevat rakennustyyppistä riippuen 1–3 % rakennuksen kokonaisbruttopinta-alasta, kerroksittain vastaava luku on keskimäärin 1–2 % kerroksen bruttopinta-alasta. Lämmönjakohuoneet tarvitsevat 0,2–1 % rakennuksen kokonaisbruttopinta-alasta. Insinööritöissä havaittiin yhden pystykuilun palvelevan keskimäärin tutkitussa tyyppillisessä kauppakeskuksessa noin 2 500 m<sup>2</sup>:n kokoista aluetta eri kerroksissa, tutkitussa tyyppillisessä toimistorakennuksessa vastaava luku oli 3 800 m<sup>2</sup>.

Insinööritöissä selvitettyjä arvoja ilmanvaihtosuunnittelija pystyy hyödyntämään ilmoittaessaan arkkitehdille tarvitsemansa tilavaraukset ja ilmanvaihtokonehuoneiden kerroskohtaiset sijainnit ja määrät hankesuunnitteluvaiheessa. Arkkitehti kykenee ilmanvaihtosuunnittelijan antamien arvojen perusteella suunnittelemaan alustavasti kohteeseen ilmanvaihdolle tarvittavat tilat.

## Lähteet

- 1 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 2 Sisäilmastoluokitus 2008. Verkkodokumentti. Sisäilmayhdistys.  
<<http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>>.  
Luettu 3.11.2014.
- 3 Tilanvarausohjeet. 1988. LVI 06-10105. Rakennustieto.
- 4 Johtopäätöksiä projektipäälliköiden haastatteluissa esille tulleista ilmanvaihdon tilavarauksiin vaikuttavista tekijöistä. 2014–2015. Projectus Team Oy.
- 5 LVI-eristäjän käsikirja. Syyskuu 2010. Verkkodokumentti. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy, Isover.  
<<http://www.isover.fi/Download/26682/LVI-erist%c3%a4j%c3%a4n%20k%c3%a4sikirja.pdf>>. Luettu 11.1.2015.
- 6 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Ilmanvaihtosuunnitelmat kohteista tyypillisestä toimistorakennuksesta, tyypillisestä liikerakennuksesta ja tyypillisistä asuinrakennuksista. 2015. Projectus Team Oy.
- 8 Acon-mitoitusohjelma. 2015. Fläkt Woods Oy.
- 9 Future-esite. 2015. Verkkodokumentti. Koja-Yhtiöt Oy.  
<<http://www.koja.fi/uploads/catalogerfiles/future-ilmankaesittelykone/Future-esite.pdf>>. Luettu 8.5.2015.

